



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Abordagem multimétodo para aquisição de dados psicofisiológicos no processo de avaliação da Experiência do Jogador

Thiago André Araújo dos Santos

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador
Prof.a Dr.a Carla Denise Castanho

Brasília
2018

Dedicatória

Dedico esse trabalho à minha família, pelo esforço em me presentear com a oportunidade de obter um ensino superior de qualidade.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à Universidade de Brasília pela oportunidade de desfrutar da estrutura oferecida, possibilitando o descobrimento e desenvolvimento de aprendizado de novas habilidades. Em especial, agradeço aos Docentes do Departamento de Ciência da Computação pelo empenho na árdua tarefa de guiar nós estudantes num campo tão desafiador e dinâmico que é a computação. Muito além da transmissão de conhecimento, agradeço por nos ajudarem a descobrir e desenvolver nosso potencial e cultivar nosso caráter, tanto na esfera acadêmica quanto na esfera humana.

Destaco gratidão especial à Professora Carla Denise Castanho pela dedicação, energia, compreensão e paciência com que aceitou papel de Orientadora desse trabalho e desempenha a nobre missão de ensinar, com olhos, ouvidos e sexto sentido sempre atentos às dificuldades e anseios dos alunos.

Agradeço também aos Professores que integraram a banca avaliadora desse trabalho, Professor Tiago Barros e Professor Mauricio Miranda Sarment, por colocarem à disposição seu tempo, atenção e expertise na apreciação criteriosa deste texto.

Deixo registrado também agradecimento ao colega, companheiro de pesquisa e amigo Elton Sarmanho, por seu esforço e por todo auxílio durante esses meses de trabalho. Ainda, agradeço aos companheiros de desenvolvimento do jogo utilizado como parte deste trabalho, Diana Doria, pela amizade de longa data e colaboração artística e aos irmãos Ricki Lustoza e Kim Lustoza, pelo suporte na produção.

Por fim, minha mais profunda gratidão a todos os colegas e amigos que estiveram presentes nesses anos de trajetória universitária.

Resumo

O crescimento no número de desenvolvedores de jogos vem tornando a indústria cada vez mais competitiva. Dessa forma, os desenvolvedores disputam cada vez mais a atenção do público, buscando criar jogos cada vez mais divertidos e entregar uma experiência única aos jogadores. Contudo, é necessário avaliar se a experiência planejada é a mesma percebida pelo usuário, problema abordado pela *Game User Research*. Esforços de pesquisa têm sido empregados explorando coletas contínuas de dados psicofisiológicos, os quais podem ser utilizados para avaliar as emoções dos jogadores. Nesse contexto, o presente trabalho propõe uma abordagem multimétodo de *playtest*, com objetivo de avaliar a Experiência do Jogador. A abordagem consiste na captura contínua de três fontes de dados: dados *in-game*, atividade eletrodermal do jogador e registro em vídeo do rosto do jogador para análise automatizada de expressão facial. A abordagem foi aplicada em um jogo contendo duas configurações distintas do comportamento de um mesmo objeto, utilizadas para definir duas sessões de jogo para fins de análise de *game-design* e de percepção do jogador. Os resultados obtidos na análise dos dados indicaram diferenças entre a primeira e segunda sessões, indicando potencial de análise da abordagem proposta.

Palavras-chave: *Game User Research*, *Player Experience*, *Game Analytics*, EDA, Dados psicofisiológicos, Expressão facial

Abstract

The growth in the number of game developers has made the industry increasingly competitive. Developers are increasingly competing for the public's attention, seeking to create increasingly fun games and deliver a unique experience to players. However, it is necessary to evaluate whether the planned experience is the same perceived by the user. Game User Research is the area that seeks to assess the quality of player interaction with the game, focusing on Player Experience [1]. Research efforts have been employed exploring continuous collections of psychophysiological data, which can be used to assess players' emotions. In this context, the present work proposes a multimethod model of playtest, in order to evaluate Player Experience. The model consists on continuous capture of three data sources: in-game data, player's electrodermal activity and video recording of the player's face for automated analysis of facial expression. The model was applied in a game containing two different behavior configurations of the same object, for purposes of game-design analysis and player perception. The results obtained in the data analysis indicated differences between the first and second sessions, indicating the proposed approach's analysis potential.

Keywords: Game User Research, Player Experience, Game Analytics, EDA, Psychophysiology data , Facial expression

Sumário

1	Introdução	1
2	Fundamentação Teórica	3
2.1	Game User Research - GUR	3
2.2	Experiência do Jogador	4
2.3	Estratégias de Coleta de dados	4
2.3.1	Questionário de experiência de jogo	7
2.3.2	Dados Psicofisiológicos	7
2.4	Game Analytics	11
3	Trabalhos Correlatos	14
4	Abordagem de coleta de dados Psicofisiológicos	18
4.1	Captura de dados	18
4.1.1	O sensor Bitalino	20
4.1.2	O classificador de emoções	24
4.2	O jogo de teste	24
5	Testes	31
5.1	Automação do teste	31
5.2	Delineamento	32
5.3	Participantes	32
5.4	Preparação das aplicações de coleta	32
5.5	Protocolo de teste	33
5.6	Análise de dados	34
5.6.1	EDA	35
5.6.2	Dados do classificador de emoções	36
5.6.3	Dados do jogo	36
5.6.4	Análise mista	36
5.7	Resultados	38

6	Conclusão	45
6.1	Trabalhos Futuros	46
	Referências	47
	Apêndice	48
A	Tradução livre do instrumento <i>Game Experience Questionnaire</i>	49
	Anexo	57
I	<i>Game Experience Questionnaire</i>	57

Lista de Figuras

2.1	Possíveis abordagens para descobrir sobre PX.	5
2.2	Mapeamento de técnicas de coleta de dados com usuário.[2].	6
2.3	Exemplo de extração do componente Tônico do sinal bruto de condutância da pele. [3].	9
2.4	Curva SCR com sobreposição.	9
2.5	Atividade em glândula sudorípara e leitura SCR correspondente [4].	10
2.6	Músculos da face comumente utilizados em avaliação de expressão facial via EMG.	11
3.1	Captura durante sessão de testes realizados por Mandryk et. al [2] [4].	15
3.2	Método de análise <i>Biometric Storyboard</i> aplicado no jogo <i>Pure</i> [5].	16
4.1	Esquema representativo de sessão de <i>playtest</i> com a aplicação da abordagem proposta.	19
4.2	Tela inicial da aplicação identificando dispositivo Bitalino.	21
4.3	Telas implementadas para aplicativo.	22
4.4	Representação do início da aquisição de dados EDA.	23
4.5	Caminho de dados entre o sensor EDA e o armazenamento no computador de teste.	23
4.6	Tela principal do jogo para implementação do modelo proposto.	25
4.7	Tela de instruções do jogo em estudo.	26
4.8	Interface gráfica de arremesso livre de cola.	27
4.9	Passagem da cola.	28
4.10	Interface gráfica do progresso de tempo da cola na posição de um aluno.	28
4.11	Autômato finito determinístico representativo da máquina de estados do professor.	29
4.12	Visualização dos colisores do objeto professor.	30
5.1	Posicionamento dos eletrodos para captura de dados EDA [6]	33
5.2	Recorte de registros feito nas fontes de dados EDA e análise de vídeo.	34

5.3	Separação de SCR e SCL à partir do EDA coletado em uma sessão.	36
5.4	Sobreposições de dados com 3 fontes distintas.	37
5.5	Relação entre intervalo de latência e aproximação entre professor e cola. . .	38
5.6	Resultados da aplicação do instrumento <i>Game Evaluation Questionnaire</i> . . .	39
5.7	Ocorrências de aproximação do professor dentro de um intervalo de latência em fragmento de dados sincronizados.	42
5.8	Cruzamento de dados referentes a média da emoção nos intervalos de apro- ximação.	43

Lista de Tabelas

2.1	Resumo de termos e respectivas siglas dos estudos sobre fenômenos eletrodermais, conforme padrão proposto pela Sociedade de Pesquisa Psicofisiológica [6]	8
5.1	Resultados das derrotas	40
5.3	Resultados de análise de dados obtidos pelo classificador de emoções.	41
5.2	Resultados de análise de dados EDA	41
5.4	Resultados de análise de dados EDA	43
5.5	Resultados obtidos em cruzamento de dados do evento de aproximação do professor e do classificador de emoções.	44

Capítulo 1

Introdução

Jogos eletrônicos são produtos de *software* voltados para o entretenimento do usuário [1]. Sendo assim, verificar a qualidade de um jogo é também verificar se este é divertido. A diversão geralmente é associada a emoções positivas como felicidade. Contudo, existem também jogos desenvolvidos que propõem diversão evocando outras emoções, como medo ou tensão. Portanto, é importante para os criadores de jogos que haja meios de verificar se o jogo como projetado de fato entrega ao usuário a experiência planejada pelo game designer. Contudo, verificar fatos subjetivos como diversão ou experiência não é uma tarefa fácil [2].

A experiência que um usuário tem com o jogo não é um fenômeno que possa ser atribuído a uma característica do produto em si [7], mas algo que surge da interação contínua do usuário com o produto. *Game User Research* é a área de pesquisa que surge da necessidade de melhor compreensão do jogador, foco na experiência por ele vivenciada [1].

Os dados coletados para pesquisas em *Game User Research* podem ser gerados por várias técnicas de coleta, como questionários, grupos focais, registro de estado dos objetos do jogo ou mesmo dados psicofisiológicos do usuário, registrando reações do organismo na busca de inferir informações relativas à emoção dos usuários.

Alguns trabalhos conduzidos na área de *Game User Research* exploram coletas contínuas de dados psicofisiológicos. Por exemplo, os testes realizados por Mandrick et al. [2] utilizam um modelo de captura contínua de dados fisiológicos, utilizando sensores de Atividade Eletrodermal, sensor de batimento cardíaco e Eletromiograma para verificar ativação dos músculos da face. Os testes buscavam verificar se os sensores eram capazes de captar diferença entre sessões nas quais o jogador joga contra um amigo localmente, remotamente ou contra a inteligência artificial do jogo. Já em estudo realizado por Drachen et al. [8], foram realizadas testes com jogo de tiro em primeira pessoa e utilização de sensor de Atividade Eletrodermal. Outro estudo relevante foi o de McAllister et al. [9],

que utilizando o sensor de Atividade Eletrodermal e o registro da tela de jogo desenvolveu o modelo conhecido como *Biometric Storyboard*.

Na mesma linha dos estudos citados, com o objetivo de investigar possibilidades que auxiliem desenvolvedores a avaliar a experiência dos jogadores, o presente trabalho apresenta uma abordagem multimétodo de captura contínua de dados, composto por duas fontes de dados psicofisiológicos, o sensor de Atividade Eletrodermal e registro do rosto do jogador em vídeo, para análise automatizada de expressão facial, além de registro de estado dos objetos que compõem o jogo e das ações do usuário.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivos a implementação de uma abordagem de pesquisa com usuário de jogos e a verificação se tal abordagem é capaz de prover informações que permitam desenvolvedores de jogos avaliar o *game design*, visando uma abordagem com maior automação na avaliação da Experiência do Jogador.

Para implementação e aplicação da abordagem proposta, foi desenvolvido um jogo que permite duas configurações distintas para comportamento de um determinado objeto, refletindo duas opções de design. Foram conduzidas sessões de *playtest* com quinze participantes para demonstrar a utilização do modelo. Após cada sessão, os participantes também foram submetidos a um questionário com o objetivo de comparar a auto-percepção dos jogadores com os dados coletados de forma automática.

O restante desta monografia está dividido da seguinte forma. O Capítulo 2 Fundamentação Teórica, onde são apresentados os principais termos e conceitos utilizados no âmbito desse trabalho. São apresentados alguns trabalhos com objetivos e métodos semelhantes no Capítulo 3. A implementação da abordagem proposta e do jogo utilizado como objeto de avaliação são apresentados em detalhes no Capítulo 4 e, na sequência, o relato dos testes realizados e resultados obtidos no Capítulo 5. Ao final, são apresentados a conclusão e alguns trabalhos futuros.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos que embasaram o trabalho realizado, como *Game User Research*, *Player Experience*, *Game Analytics* e Telemetria. Será ainda apresentado o conceito de Psicofisiologia, o qual define um campo de pesquisa, além de técnicas de utilizadas em estudos relacionados.

2.1 Game User Research - GUR

O crescimento no número de desenvolvedores de jogos, em especial pela maior facilidade de acesso a ferramentas de produção e com a possibilidade de desenvolvimento para dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*, torna o mercado de jogos cada vez mais competitivo. Apenas em 2017 foram lançados na plataforma Steam 7.672 novos jogos [10], uma média de 21 jogos por dia, todos disputando a atenção dos jogadores. Nesse contexto, os estúdios de desenvolvimento, dos pequenos e independentes (conhecidos como *Indies*) aos grandes produtores de jogos milionários (chamados AAA ou *Triple A*), buscam cada vez mais entregar uma experiência rica e única aos usuários. Contudo, pode existir uma grande distância entre a experiência planejada pelos designers do jogo e a real experiência do jogador.

A experiência que um usuário tem com o jogo não é uma característica intrínseca do produto em si, mas algo que surge da interação do usuário com o produto. Game User Research (GUR), é a aplicação de técnicas e metodologias originadas na Psicologia Experimental, Interação Humano-Computador e áreas afins para avaliar a qualidade da interação do jogador com o jogo com foco na Experiência do Jogador (*Player Experience* ou PX) [1].

É importante ressaltar que a pesquisa em jogos é um campo recente e os termos e conceitos apresentados nessa sessão são nomenclaturas sem padronização rigorosa [1],

mas suficientes como referência para entendimento deste texto e outras referências neste campo.

2.2 Experiência do Jogador

A Experiência do Usuário (*User Experience* ou UX), termo do qual foi derivado PX, engloba todos os aspectos da interação do usuário final com uma empresa, seus serviços e seus produtos [7]. Em PX, o produto é o jogo e os jogadores os usuários.

No decorrer deste texto a atenção concentra-se no momento da interação do jogador com o jogo, compreendendo PX ou simplesmente a experiência como o fluxo contínuo de estímulos proporcionados pelo jogo e os efeitos destes estímulos no jogador. Entre os efeitos desejáveis por desenvolvedores e designers está a possibilidade do jogo provocar determinadas emoções, o que guia, seja com baseado em dados ou mesmo por intuição, as decisões de design.

2.3 Estratégias de Coleta de dados

Dentre os vários possíveis métodos para investigar se a experiência planejada pelos designers é aquela percebida pelos jogadores e, principalmente, se essa é uma experiência divertida, podemos pinçar duas abordagens: (i) perguntar o que pensam e/ou sentem ou (ii) observar o comportamento durante a interação com o jogo (Figura 2.1).

Estendemos, nesse contexto, o entendimento de perguntar como processo de obtenção de medidas explícitas, no qual os dados são obtidos declarados (auto-informes) pelo participante, pressupondo atenção em nível consciente, enquanto observar se refere ao processo de obtenção de medidas implícitas, estas espontâneas ou automáticas, não dependentes da consciência do participante [11]. Ambas alternativas possuem vantagens e desvantagens.

Perguntar ao usuário pode, em primeiro momento, ser um caminho direto para a resposta, desde que as perguntas certas sejam feitas. Elaborar as perguntas certas não é uma tarefa trivial. Para esse fim, foram criadas técnicas para elaboração de questionários, entrevistas, condução de grupos focais, entre outras. Contudo, as respostas obtidas por esses métodos são de caráter subjetivo, uma vez que invariavelmente passam pela subjetividade do respondente. É comum as pessoas realizarem ações e não conseguirem explicar o motivo, ou dizerem algo e agirem de forma contrária [12]. Não há garantia de que alguém seja consciente de todas as próprias ações a ponto de reportá-las, ou mesmo o próprio ambiente de pesquisa pode influenciar as respostas do usuário - responder o que acha que o pesquisador gostaria de ouvir, observar mais do que observaria em uma sessão

de jogo comum para demonstrar conhecimento e/ou atenção, entre outros. Não é algo que torne o método descartável, apenas uma limitação que deve ser considerada durante a avaliação.

Ao observar o comportamento e as respostas do organismo do usuário, é possível que não se consiga saber com a riqueza de detalhes possivelmente presente em uma entrevista o que origina uma ação em determinada situação. Contudo, é possível verificar se essa ação ou resposta ocorre, que, para efeitos práticos, muitas vezes é um resultado satisfatório. Por exemplo, podemos não saber como exatamente determinados personagens ou determinadas mecânicas de jogo atraem a atenção do público, mas o fato de que as pessoas sorriem sempre que determinado elemento aparece pode ser suficiente para confirmar expectativas dos desenvolvedores. Além disso, dependendo do tipo de dados, da quantidade e do processamento neles realizado, surge a possibilidade de inferir tais origens para as ações.

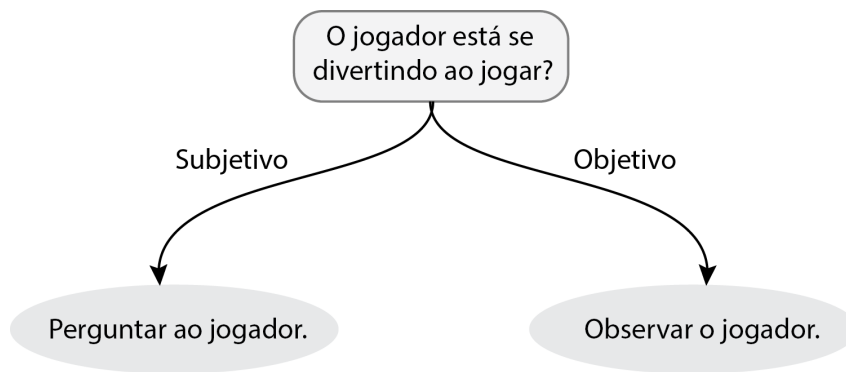


Figura 2.1: Possíveis abordagens para descobrir sobre PX.

Dados implícitos, obtidos observando o jogador, não passam pelo filtro cognitivo do sujeito em teste - como citado, pode enviesar os resultados. Tais dados não trazem os problemas inerentes aos obtidos por medidas explícitas, mas o trabalho de analisar comportamentos ou dados fisiológicos não é nada trivial. Muitas das respostas fisiológicas dependem de equipamentos específicos para coleta e métodos complexos de análise de dados, além de serem de difícil interpretação pelo fato de que um único estímulo é capaz de gerar múltiplas respostas no organismo, e uma determinada resposta fisiológica pode ser gerada por diferentes tipos de estímulos.

Todas as técnicas citadas tem por objetivo levantar dados que possam ser processados para gerar informação e prover conhecimento ou *insights* aos desenvolvedores para resolver problemas de design. Geralmente, o que se usa é uma combinação de várias técnicas na tentativa de obter o máximo de conhecimento possível acerca dos usuários da interação destes com o jogo. Os métodos de coleta podem ser mapeados conforme a

dimensão subjetiva-objetiva e a dimensão qualitativa-quantitativa, conforme representado na Figura 2.2.

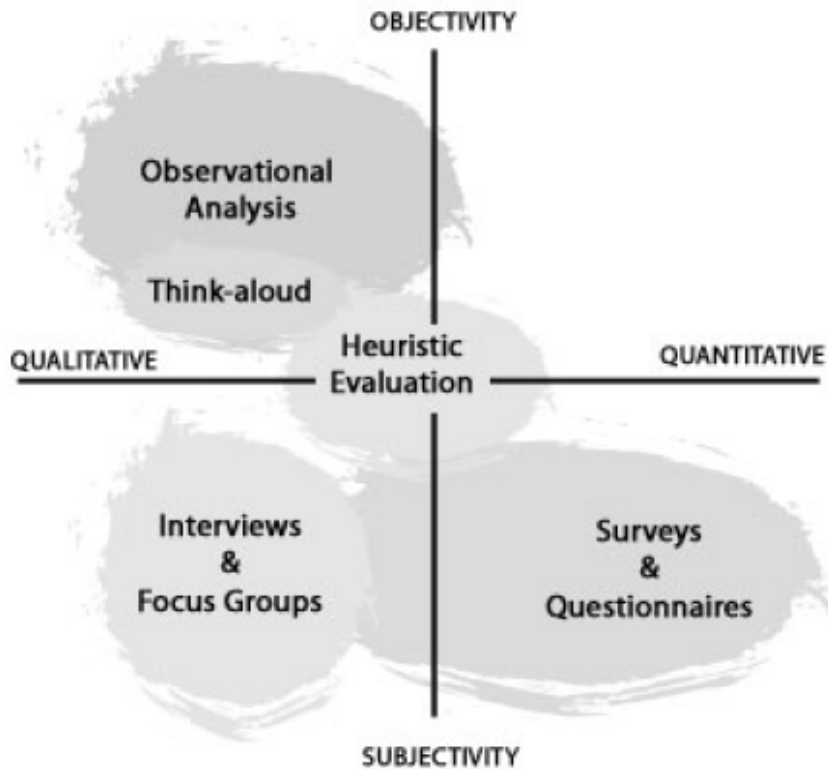


Figura 2.2: Mapeamento de técnicas de coleta de dados com usuário.[2].

Dados são processados para formar métricas - medidas interpretáveis de algo - de maneira que se aproximem mais do vocabulário do objeto de análise e sejam capazes de gerar informação [1]. Interessante ressaltar que as métricas podem ser de duas origens: métricas de jogo e métricas de usuário [8]. Apesar de métricas de jogo comporem uma rica fonte de informação acerca do comportamento do jogador com base em fatos observáveis, carecem de informação acerca das motivações das ações e respostas do usuário, que compõem a experiência deste [9].

Serão apresentados com mais detalhes a seguir os métodos de coleta relevantes no âmbito deste trabalho: registro de dados de estado do jogo, Questionário de Avaliação de Jogo, dados fisiológicos do jogador por meio de sensor de Atividade Eletrodermal (EDA) e captura em vídeo do rosto do jogador para análise automatizada de expressão facial.

2.3.1 Questionário de experiência de jogo

Questionários são uma das maneiras mais diretas de se obter dados com relação à experiência do jogador durante a interação com o jogo, gerando dados subjetivos quantitativos. Um questionário elaborado, testado e comumente utilizado para avaliação de jogos é o Questionário de Avaliação de Jogo (*Game Evaluation Questionnaire* ou GEQ)[13]. Ele é composto por três partes: a primeira parte, denominada *Core Module* (Módulo Central), com respeito aos sentimentos do jogador durante a sessão; a segunda, *Social Presence Module* (Módulo de Presença Social), se refere a interação do jogador com outros sujeitos, sejam eles presentes fisicamente, virtualmente ou emulados pelo próprio jogo; a terceira, *Post-game Module* (Módulo Pós-Jogo), busca informações acerca de como o jogador se sentiu após terminar de jogar. No *Core Module*, os itens são agrupados em sete fatores: imersão, *flow*, competência, afeto positivo, afeto negativo, tensão e desafio. O módulo de presença social agrupa itens nas métricas: empatia, sentimentos negativos e envolvimento comportamental. Já o módulo pós-jogo tem por métricas: experiência positiva, experiência negativa, cansaço e retorno à realidade.

Os módulos utilizados na coleta de dados deste trabalho foram o *Core Module* e *Post-game Module*, dado que, além de análise de comportamento social estar fora do escopo do estudo, o jogo foi planejado para ser jogado individualmente.

2.3.2 Dados Psicofisiológicos

O corpo humano possui várias maneiras de reagir a estímulos do ambiente. Possíveis estímulos em um jogo seriam a aparição de um inimigo, o encontro de um novo item ou a resolução de um puzzle. Mudanças no batimento cardíaco, rubor no rosto, "suor frio", "ranger os dentes", mudança do ritmo respiratório são respostas fisiológicas - respostas do organismo - associadas a emoções experimentadas [14].

Psicofisiologia é um campo de estudo que tem por premissa que eventos comportamentais, cognitivos, sentimentais e sociais refletem no funcionamento do organismo [15]. Portanto, estudos psicofisiológicos são aqueles que investigam processos sentimentais e cognitivos por meio do monitoramento de respostas organismo [15], utilizando dispositivos ou sensores que atribuam medidas quantitativas às respectivas reações [14].

Dentre os possíveis dados psicofisiológicos coletáveis, serão explorados a Atividade Eletrodermal e a expressão facial, fenômenos relevantes no contexto desse trabalho pela associação destes com a emoção experimentada pelo indivíduo.

EDA

A atividade eletrodermal (*Eletrodermal Activity* - EDA), é o termo utilizado para referir-se aos fenômenos elétricos na pele [6]. Tais fenômenos elétricos são divididos em dois grandes grupos: endossomáticos e exossomáticos. Para coletas referentes a EDA endossomáticos não é utilizada corrente elétrica externa para as leituras. Nesse tipo de leitura, o objetivo é coletar dados da diferença de potencial (ou ddp, como conhecida em engenharia elétrica) da própria pele [6]. Por esse motivo, os fenômenos de categoria endossomáticos são denominados como Potencial da Pele (em inglês, *Skin Potential* - SP).

Os fenômenos eletrodermais nos quais uma fonte externa gera a passagem de corrente são denominados exossomáticos. Dentro dessa categoria, a corrente aplicada pode ser contínua ou alternada. A coleta utilizando corrente contínua se dá pela obtenção dos valores de resistência da pele (*Skin Resistance* - SR) ou da condutância da pele (*Skin Conductance* - SC). Por sua vez, o estudo utilizando passagem de corrente alternada é feito pelo cálculo da impedância (nos estudos de engenharia elétrica, representada pela letra Z) oferecida pela pele (*Skin Impedance* - SZ) ou por meio da admitância (representada pela letra Y) da pele (*Skin Admittance* - SY). Independente do tipo de corrente utilizada, os tipos de respostas obtidas a partir dos valores podem ser classificados como tônico (em inglês *Tonic*, ou também denominado *Level*) ou fásico (em inglês, *Phasic*, equivalente a *Response*). Um resumo dos das siglas está presente na Tabela 2.1.

Método de captura	Endossomático	Exossomático			
Corrente Aplicada	(Não se aplica)	Corrente Contínua		Corrente Alternada	
	Potencial	Resistência	Condutância	Impedância (Z)	Admitância (Y)
Geral	SP	SR	SC	SZ	SY
Tônico	SPL	SRL	SCL	SZL	SYL
Fásico	SPR	SRR	SCR	SZR	SYR

Tabela 2.1: Resumo de termos e respectivas siglas dos estudos sobre fenômenos eletrodermais, conforme padrão proposto pela Sociedade de Pesquisa Psicofisiológica [6]

Os fenômenos existentes, definidos como tônico ou fásico, dizem respeito ao comportamento apresentado pelos dados coletados. O EDA fásico (ou simplesmente EDR para *Eletrodermal Response*), são as rápidas variações observadas, ou "picos" observados na coleta. O EDA tônico (ou EDL para *Eletrodermal Level*) se refere a valores quando não há ocorrência de picos [16]. A Figura 2.3 mostra em pontilhado um exemplo da extração do componente tônico (SCL) do sinal de condutância da pele (SC).

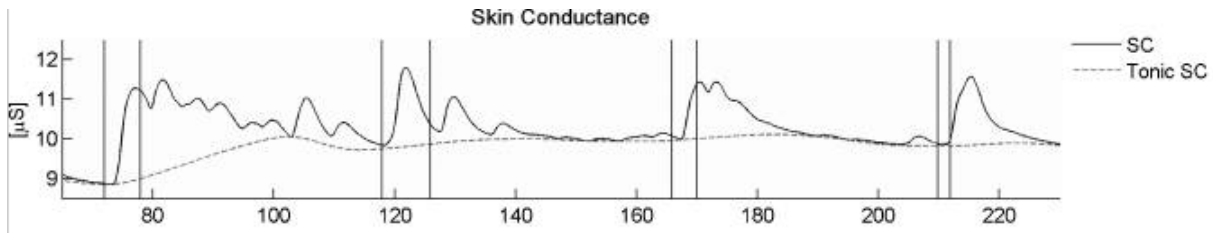


Figura 2.3: Exemplo de extração do componente Tônico do sinal bruto de condutância da pele. [3].

Uma vez separados, pode-se medir a amplitude do pulso do sinal SCR. A Figura 2.4 apresenta com linhas pontilhadas verticais uma maneira de interpretar e medir a amplitude em casos que ocorrem sobreposições de curvas, utilizando a diferença entre o ponto mínimo local e o ponto máximo local imediatamente à direita [6].

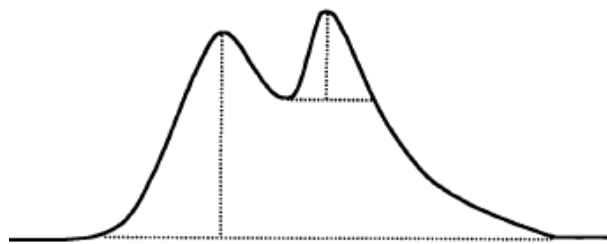


Figura 2.4: Curva SCR com sobreposição.

A resposta do organismo a eventos do ambiente está associada ao caráter fásico do EDA, embora nem toda leitura de EDR esteja associada a eventos específicos [6]. Quando o evento tem relação com o EDR obtido, adiciona-se o sufixo ER-SCR (*Event Related Skin Conductance Response*). Em caso de uma leitura não estar relacionada a um evento do experimento, classifica-se então como NS-SCR (*Non-Specific Skin Conductance Response*). Para atrelar um dado SCR a um evento, deve-se levar em consideração o período de latência necessário para a reação do organismo [16]. Os métodos utilizados para estimar o valor do tempo de latência em estudos relacionados chegaram a valores no intervalos entre 1 e 5 segundos. Contudo, não existe um consenso em uma forma específica para chegar a esse valor de latência [6].

Não é necessário que a pele do indivíduo chegue a apresentar sudorese para que o sensor capte diferenças na condutividade da pele. O fato das glândulas sudoríparas presentes armazenarem quantidades de suor, mesmo que não chegue a ser expelido, é suficiente para aumentar a condutância, reduzindo a resistividade [6][2]. A Figura 2.5 ilustra o gráfico da leitura obtida de acordo com a pressão hidráulica na glândula. Em (A), a pressão não

é suficiente para abrir o poro, resultando em uma curva de baixa amplitude. Em (B), a pressão leva a abertura do poro, resultando em maior amplitude no gráfico do EDA.

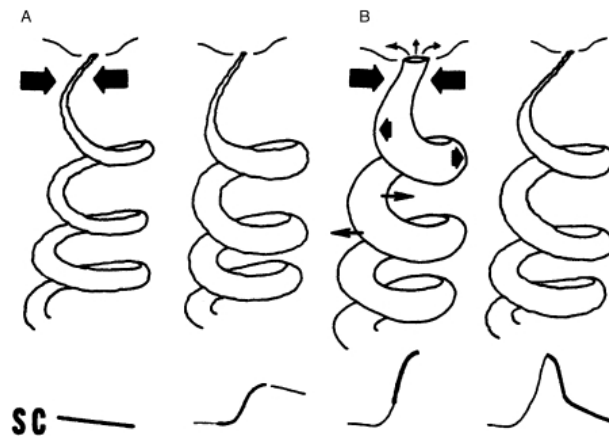


Figura 2.5: Atividade em glândula sudorípara e leitura SCR correspondente [4].

O EDA pode ser registrado para qualquer parte da pele. Contudo, foram verificadas regiões cuja produção de sudorese está mais fortemente relacionada ao estado emocional do indivíduo, regiões essas encontradas nas palmas das mãos e nas solas dos pés [6]. Mais especificamente, existe correlação positiva entre EDA e grau de excitação em que se encontra o sujeito do experimento [2]. De tal forma, medir o EDA do usuário durante a interação com o jogo pode trazer informação quanto ao grau de excitação (*arousal*, em inglês) experimentado.

Expressões Faciais

A busca por entendimento sobre as emoções humanas já é antiga. A origem das emoções é uma questão bastante complexa, ainda sem resposta definitiva. Para determinadas aplicações, no entanto, verificar a manifestação das emoções muitas vezes é suficiente.

Uma das maneiras como as emoções sentidas são exteriorizadas e percebidas por outros é através da expressão facial. Algumas expressões faciais são associadas a determinadas emoções de maneira consistente por diferentes observadores [12]. Os elementos que definem uma expressão facial podem ser observados e utilizados como fontes de dados e, então, associados a emoções.

As primeiras análises de expressões faciais eram feitas por profissional especialista, facilitada por registro em vídeo. Este é um processo que se aproxima mais de uma abordagem objetiva, principalmente se comparado ao auto-relato. Contudo, é uma análise bastante trabalhosa e demorada. O tempo despendido pode variar entre 5 e 100 minutos de análise por minuto de vídeo [2], inviabilizando estudos de um grande conjunto de sessões.

Uma alternativa para identificar as mudanças na expressão facial é a utilização de sensor Eletromiograma (EMG) que, com eletrodos cuidadosamente posicionados no rosto, é possível associar a ativação de certos músculos a expressões faciais que dependem dessa ativação. São recorrentes os estudos que verificam a atividade dos músculos corrugador do supercílio e o zigomático maior, responsáveis pela movimentação das sobrancelhas e da boca, respectivamente [2] [17] [18] [19]. Os músculos citados podem ser observados na Figura 2.6.

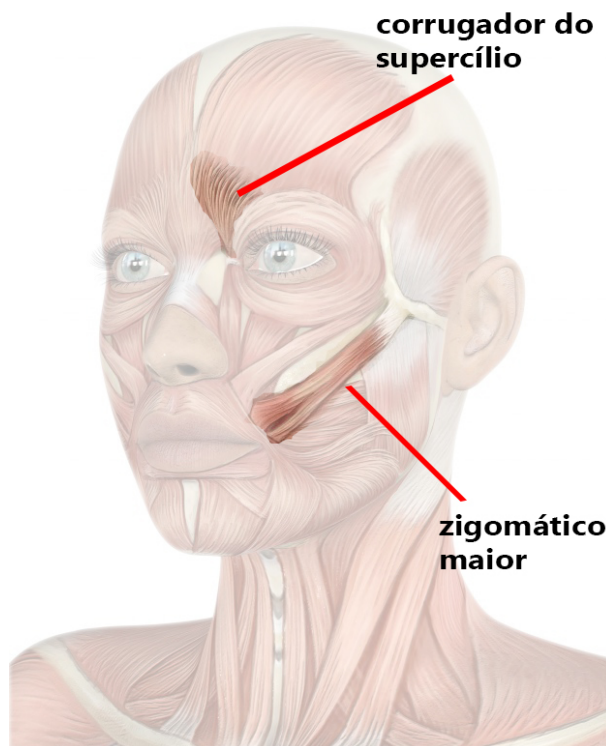


Figura 2.6: Músculos da face comumente utilizados em avaliação de expressão facial via EMG.

Uma possibilidade mais recente, ainda utilizando a expressão facial para inferir emoção, é a análise automatizada da configuração dos elementos da face por meio de imagens, utilizando técnicas de visão computacional seguida por classificação da expressão verificada. Esta última foi a abordagem utilizada neste trabalho, com aplicação de software classificador de expressões faciais por meio de análise de vídeo, descrito no Capítulo 4.

2.4 Game Analytics

Antes de falar sobre o termo composto Game Analytics, uma consideração sobre os termos em separado. Primeiramente, de maneira mais direta, por Game estamos nos referindo

aos jogos eletrônicos, ou jogos digitais, que utilizam algum produto de tecnologia digital como meio de interação: jogos para computadores pessoais, para dispositivos dedicados capazes de executar vários jogos diferentes como consoles ou dedicados a um único jogo como alguns fliperamas, ou dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*.

Agora, exploremos algumas definições do termo *Analytics*. Segundo Cambridge Dictionary, *Analytics* é um processo no qual um computador examina informação utilizando métodos matemáticos com objetivo de encontrar padrões úteis [20]. Segundo Oxford Dictionary, é a análise computacional sistemática de dados ou estatísticas. *Analytics* é uso de *Business Intelligence* no processo de descoberta e comunicação de padrões a partir de dados e utilização dos padrões reconhecidos na solução de problemas de negócio [21]. Ao falar de *Analytics*, estamos entrando no campo de *Business Intelligence*, uma vez que este utiliza os métodos e processos de *Analytics* para processar dados e gerar conhecimento para a organização em prol do negócio. Combinando as definições citadas, temos então que *Game Analytics* como a aplicação de processos computacionais para análise sistemática de dados e estatísticas aplicada no campo dos jogos eletrônicos, ou simplesmente, a aplicação de *Analytics* no desenvolvimento e pesquisa de jogos [1]. Apesar do campo de GUR ser o grande responsável por iniciar e promover o crescimento da área de *Game Analytics* pela crescente necessidade de conhecer melhor o usuário, *Game Analytics* engloba GUR, uma vez que *Game Analytics* não se limita apenas a pesquisas com usuários, mas sim todos os processos que envolvem o desenvolvimento de jogos, desde processos organizacionais ou infraestrutura tecnológica até a logística de distribuição do produto [1].

Técnicas de *Analytics* são utilizadas em várias etapas do desenvolvimento de jogos, possibilitando diferentes tipos de avaliação [22]. Durante a etapa de concepção, onde normalmente são construídos protótipos para testar uma idéia ou mecânica, já é possível gerar dados para análise, considerando que os primeiros jogadores serão os desenvolvedores. Outra opção seria pesquisa por tendências de mercado, ou análise de dados coletados de jogos anteriormente lançados. Já na etapa de desenvolvimento, é comum que o foco das análises seja para responder a questões de design, confirmando expectativas quanto a solução proposta, identificando possíveis problemas ou mesmo para gerar *insights* sobre o comportamento do jogador perante o desafio que o jogo lhe propõe [23].

Utilização de *Analytics* após o lançamento do jogo no mercado talvez seja a forma mais usual, considerando que nesse momento que se espera que haja uma maior quantidade de usuários, implicando em maior quantidade de dados para análise. Com jogos que funcionam via rede *Internet*, é possível receber informações acerca de como os usuários estão interagindo com o produto, dificuldades, progressos e preferências, possibilitando ajustes, adições de novos conteúdos e correções de *bugs* mesmo após o lançamento [23].

Game Analytics é um recurso bastante utilizado para jogos que optam pelo modelo de negócios "*freemium*". O termo *freemium* vem da união de *free* (livre, gratuito) com *premium* [23], este último termo associado à categoria de usuários que pagam por serviços diferenciados. Nesse modelo de negócios, o jogo é gratuito e a monetização se dá por meio de micro-transações ou permitindo que anúncios sejam apresentados durante a interação do usuário. Micro-transações dizem respeito à compra de itens ou serviços virtuais que podem ser utilizados e têm valor apenas dentro de um ambiente de jogo específico [23]. Assim, ambas opções de monetização dependem de que os usuários permaneçam jogando constantemente, caso contrário não receberão anúncios, muito menos efetuarão alguma compra. Para jogos *freemium* uma métrica de bastante interesse para desenvolvedores é a retenção de usuários. A métrica de retenção diz respeito à quantidade de jogadores que se mantém ativos. O uso de *analytics* permite verificar, por exemplo, como a implementação de determinados eventos dentro do jogo afeta o engajamento dos jogadores. Apesar de vital para o modelo *freemium* [23], *Game Analytics* é uma ferramenta que pode ser usada para a grande maioria dos jogos. Aliás, todas as técnicas de levantamentos de dados citadas até o momento são possíveis fontes de dados para alimentar processos em *Analytics*. Para isso, no entanto, é necessário que os dados sejam quantitativos para que se possa ser processado por computador.

No caso da pesquisa conduzida neste trabalho, *Game Analytics* é empregada durante o desenvolvimento do jogo, com o objetivo de verificar o comportamento do jogador diante de determinados elementos projetados por designers e desenvolvedores.

Capítulo 3

Trabalhos Correlatos

Apesar de recente, os estudos relacionados a GUR já possuem uma quantidade considerável de trabalhos que descrevem as técnicas aplicadas na análise de sessões de jogo.

A investigação conduzida por Mandryk et. al [2] é a principal referência para elaboração do presente trabalho, pela similaridade da proposta e métodos utilizados. O objetivo foi testar um método de análise, verificando se este seria capaz de detectar a diferença existente entre as formas de jogar um determinado jogo competitivo: contra outra pessoa presencialmente, contra outra pessoa não presencialmente e contra o computador. No método testado, buscou-se identificação de excitação e emoções dos participantes, aplicando a utilização de sensores fisiológicos. O sensor EDA foi aplicado para medir excitação, dada a correlação positiva. Quanto à valência dessa excitação, seria verificada a partir da combinação dos resultados obtidos por três sensores: dois sensores EMG, um posicionado para captura de dados dos músculos zigomático maior (responsável pelo movimento da boca para formação do sorriso) e outro sobre o corrugador do supercílio (cuja contração gera rugas verticais na região acima do nariz e entre as sobrancelhas); o terceiro sensor é um ECG, captando a frequência cardíaca (em inglês *Heart Rate*, HR), medida também correlacionada a emoções. Uma visualização resultante das coletas realizadas durante a sessão de teste pode ser observada na Figura 3.1.

A diferença entre as situações de teste foi verificada por Mandryk et. al [2] em estudo anterior, utilizando técnicas subjetivas para coleta de dados das mesmas três situações de jogo. Os resultados dos dois estudos foram comparados, verificando algumas correlações. Sentimentos de diversão e excitação apresentaram correlações positivas entre o método subjetivo e o método com utilização de sensores. No entanto, o sentimento de desafio apresentou correlação negativa entre os resultados dos métodos. Para os sentimentos de frustração e tédio não houve correlação significativa.

Medidas fisiológicas são fontes de dados implícitos acerca das emoções, que não passando pelo filtro cognitivo do participante em análise para serem obtidas, como ocorre



Figura 3.1: Captura durante sessão de testes realizados por Mandryk et. al [2] [4].

com entrevistas e questionários. Contudo, é uma análise complexa e meticulosa, que precisa de conhecimento especializado para ser executada, tanto na realização do procedimento e coleta quanto na análise dos dados. Por exemplo, o posicionamento impreciso de eletrodos na captação de dados do sensor EMG pode comprometer totalmente os dados por não fazerem referência ao músculo pretendido. Outro exemplo de complexidade é a relação entre os músculos observados, os valores obtidos dos sensores e como transpor esses valores para emoção. Outra consideração que deve ser feita é o conforto do jogador. Sensores EMG utilizam três eletrodos pra cada músculo que se pretende observar. Com a escolha de dois músculos na face, são seis eletrodos, ou seja, elementos invasivos, acomodados no rosto do participante. Verificar emoções cujas expressões faciais combinem vários músculos pode se tornar uma tarefa inviável.

Estudo semelhante foi realizado por Anders Drachen [8], no qual foram utilizados os sensores EDA e ECG para finalidades semelhantes (verificar o nível de excitação do jogador). Os testes foram realizados utilizando jogos do gênero *First-Person Shooter (FPS)*. O trabalho reforça a correlação entre os sensores biométricos utilizados e a excitação do jogador em relação a resultados obtidos por meio da aplicação do questionário GEQ. Por outro lado, o estudo carece de informações acerca da valência das emoções.

Investigação semelhante foi realizada por McAllister et. al [9], em sessões de *playtest* do jogo de corrida de quadriciclos denominado *Pure*. Assim como os demais modelos citados,

utilizou coleta de dados EDA dos jogadores como forma de obter informações referentes às emoções evocadas. Além disso, mantinha-se registro em vídeo do jogador, da tela de jogo e dos botões por ele pressionados. A estratégia, no entanto, consistia em, com base nos dados SCR extraídos do EDA, buscar a associação de pulsos de resposta dermal com eventos do jogo. A associação era estabelecida em entrevista posterior à sessão de jogo, no qual o jogador assistia o registro em vídeo da própria sessão e lhe era perguntado o que havia ocorrido naquele instante de jogo destacado pelo pulso SCR. Por fim, os dados SCR, com os eventos destacados e classificados, em conjunto com imagens instantâneas do jogo eram utilizados gerar a visualização denominada *Biometric Storyboard* (Figura 3.2).

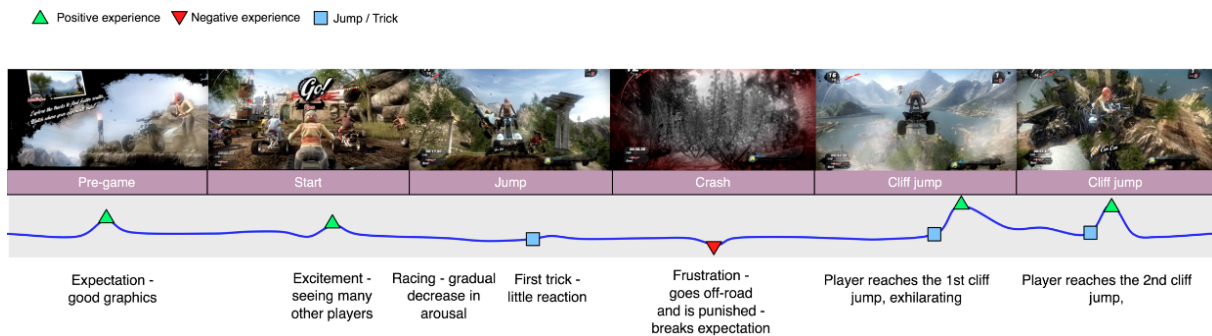


Figura 3.2: Método de análise *Biometric Storyboard* aplicado no jogo *Pure* [5].

O estudo conduzido por MacAllister et al. [9] utiliza dados complexos como EDA de forma bastante interessante, possibilitando observar o contínuo das sessões e momento e restringindo a complexidade de lidar com o EDA para extração do fator SCR. No entanto, a classificação do evento demarcado pelo pulso ainda passa pelo filtro subjetivo do usuário. Além disso, o registro em vídeo do jogador não recebe tanta atenção na descrição, inclusive não sendo utilizado na produção do *Biometric Storyboard*.

A abordagem de captura e análise de dados neste trabalho está em conformidade com os trabalhos citados ao utilizar o sensor EDA como indicador de excitação experimentada pelo jogador. Todavia, substitui o método de obtenção de dados acerca da valência das emoções, saindo da estratégia de utilização do sensor biométrico EMG, levando em consideração dificuldades de análise e conforto citadas anteriormente. O trabalho a ser apresentado no próximo capítulo propõe a análise de emoções por meio da captura de vídeo e subsequente análise automatizada, eliminando assim a problemática relacionada à demora no procedimento de análise de vídeo por especialista [2]. A análise das emoções por processamento de vídeo está em conformidade com o crescente desenvolvimento e acessibilidade que o campo da Visão Computacional vem proporcionando aos desenvolvedores. Além disso, o método propõe a captura dos dados de jogo, como um esforço no caminho de encontrar elementos ou eventos do durante a sessão. Dessa forma, per-

mitindo o cruzamento de eventos específicos do jogo que possam vir a ser gatilhos para determinadas respostas fisiológicas.

Capítulo 4

Abordagem de coleta de dados Psicofisiológicos

O presente capítulo descreve a abordagem proposta para coleta de dados psicofisiológicos do jogador durante uma sessão de jogo. Descreve também as tecnologias utilizadas para possibilitar aplicação desta abordagem, assim como o jogo utilizado como objeto de análise na aplicação. O trabalho realizado encontra-se inserido no projeto de pesquisa sobre GUR do Laboratório de Sistemas Integrados e Concorrentes (LAICO) do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília. O projeto consiste na elaboração de um modelo de análise de jogos baseado em métodos objetivos e quantitativos, buscando possibilitar a automação, e que seja capaz de prover informações acerca das emoções dos usuários aos desenvolvedores de jogos. Nesse contexto, o trabalho realizado contribui com a pesquisa provendo a implementação de recursos necessários para a captura de dados e viabilizando uma instância de aplicação, permitindo investigar possibilidades e limitações da abordagem.

4.1 Captura de dados

A PX é um dos principais objetos de estudo da GUR [1]. Como a experiência é um fenômeno contínuo, observado durante a interação do jogador com o jogo, compreende-se a garantia da continuidade como requisito do procedimento e configuração do ambiente de teste. Ainda, a característica contínua da experiência determina relação direta dos eventos com o instante em que ocorrem, o que impõe a necessidade de garantir a sincronização dos vários dispositivos que venham a ser utilizados.

Na composição do ambiente de teste, busca-se emular as condições encontradas pelo jogador em seu cotidiano, porém dentro do contexto de pesquisa. Sendo assim, é necessário pensar maneiras de obter dados que não comprometam a continuidade ou a naturalidade

da interação. Entrevistas e questionários durante a sessão de jogo desviam a atenção do jogador ou interrompem completamente a interação, podendo inclusive gerar frustração a depender do momento da interrupção e do tempo por ela demandado. Técnicas como *think aloud* exigem que o participante fale durante a experiência, reportando o que está observando ou sentido, o que pode prejudicar o desempenho do jogador, consequentemente afetando a experiência. Eletrodos afixados na face, como na técnica para verificar a expressão facial a partir da ativação de determinados músculos, podem gerar desconforto ou inibição da expressão. Portanto, é importante que se possibilite a coleta dos dados psicofisiológicos gerados durante a experiência com o mínimo de intervenção na interação.

A abordagem proposta utiliza três fontes para captura contínua de dados: o sensor EDA; a *webcam* do computador de teste; e o jogo. Um esquema representativo pode ser observado na Figura 4.1.



Figura 4.1: Esquema representativo de sessão de *playtest* com a aplicação da abordagem proposta.

Como visto no Capítulo 2, com a análise de dados EDA é possível inferir informações de excitação, uma das dimensões da emoção. O posicionamento dos eletrodos para coleta com essa finalidade (palma das mãos ou sola dos pés) permite que a captura de dados seja feita de forma que não comprometa o conforto do jogador.

A *webcam* do computador de teste foi utilizada para captura de vídeo. O posicionamento frontal da *webcam* permite captura do rosto do jogador, necessária para análise automatizada do classificador de expressões faciais. Além disso, a captura contínua não compromete o conforto do jogador durante a sessão de teste. Os vídeos gerados são processados posteriormente utilizando *software* classificador de expressões faciais, que gera um arquivo com as probabilidades de cada uma das emoções (neutro, felicidade, tristeza, raiva, medo, surpresa, desgosto) para cada quadro do vídeo.

Utilizando um jogo cujos elementos podem ser controlados contribui em elucidar a relação entre os elementos do jogo e as reações do jogador. O jogo teve o código fonte alterado para registrar o estado dos objetos durante toda a sessão, além do registro das ações do jogador e eventos considerados relevantes. O jogo será apresentado em detalhes na Sessão 4.2.

4.1.1 O sensor Bitalino

A empresa PLUX - Wireless Biosignals S.A. é uma das empresas fabricante de sensores biométricos, que apresenta entre seus produtos a linha Bitalino, definida pela companhia como conjunto de ferramentas de baixo custo para aprendizagem e prototipação de aplicações utilizando sinais corporais. Para coleta de dados fisiológicos descrita neste trabalho foi utilizado dispositivo Bitalino Board Kit BLE, que dispõe dos sensores Eletromiograma (EMG), Eletroencefalograma (EEG), Eletrocardiograma (ECG) e sensor de Atividade Eletrodermal (EDA). O sensor EDA existente no dispositivo trabalha com corrente contínua, fornecendo os valores com respeito a SC [24]. O dispositivo realiza comunicação e transferência de dados utilizando tecnologia *Bluetooth*, por intermédio do software *OpenSignals*, que opera como interface para o computador, provendo visualização gráfica dos dados durante a aquisição. Apesar da disponibilidade do software *OpenSignals*, realizar a comunicação entre Bitalino e computador foi um ponto de desafio.

O dispositivo Bitalino utilizado para captura de informações do sensor EDA foi uma versão recente cuja comunicação se dá via *Bluetooth Low Energy* (BLE). Na prática, ocorreu que o software *OpenSignals*, responsável pela interface e provimento de monitoramento e captura, não estava compatível com essa tecnologia. Contudo, dentre as API's disponíveis na página *web* do distribuidor, existe uma aplicação para dispositivos *Android* de interface com sensor. Utilizando tal interface, novas funcionalidades foram implementadas para a aplicação.

Uma das novas funcionalidades implementadas foi a transferência do dados em tempo real para o computador de testes via *Wi-Fi*. Para realizar a comunicação, foi implementada uma interface que permite a inserção das informações de rede do computador receptor das informações. Aproveitou-se para inserir configurações referentes à operação do sensor, no caso, a frequência de captura. As telas do aplicativo implementado podem ser observadas na Figura 4.2 e Figura 4.3.

Uma vez selecionado o dispositivo Bitalino na tela inicial (Figura 4.2), a aplicação apresenta a tela na Figura 4.3 (a). Ao clicar em *Open Configurations*, as configurações são apresentadas como na Figura 4.3 (b), mostrando as opções de coleta e configurações de conexão por *Wi-Fi*. Clicando em *Close Configurations*, a aplicação volta ao estado apresentado em A. Selecionar o botão *Connect* em Figura 4.3 em (a) modifica a interface

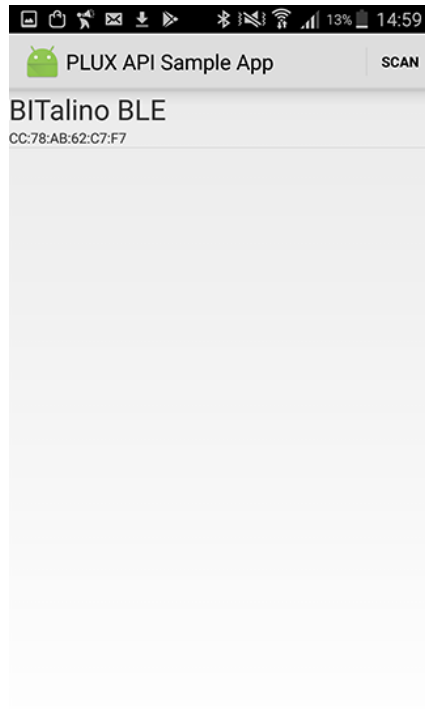


Figura 4.2: Tela inicial da aplicação identificando dispositivo Bitalino.

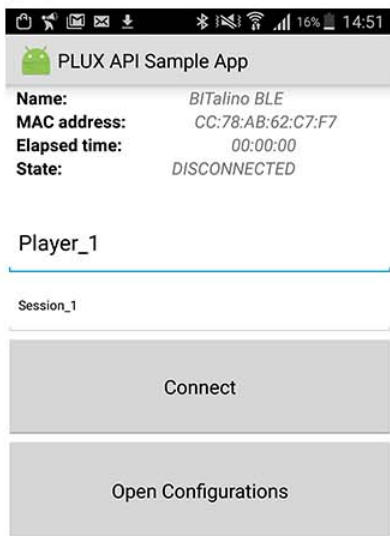
para o estado apresentado em Figura 4.3 (c). Uma vez configurado, selecionar o botão *Start* no aplicativo possui os efeitos: (i) ativar sensor bitalino; (ii) informar computador de teste que a aquisição dos dados será iniciada e qual estrutura de diretórios deve ser criado para organizar os arquivos (Figura 4.4); (iii) dispositivo *Android* passa a cumprir papel de ponte entre os sensor e computador de teste (Figura 4.5); (iv) a tela do dispositivo *Android* muda para o estado apresentado em Figura 4.3 (d). Durante a coleta, é apresentada visualização dos dados dos canais enviados pelo dispositivo bitalino, sendo possível selecionar o canal de interesse. Selecionar o botão *Stop* leva o aplicativo de volta ao estado apresentado representado em Figura 4.3 (c).

Os arquivos com dados referentes às emoções foram gerados posteriormente, devido ao tempo necessário para análise de cada vídeo.

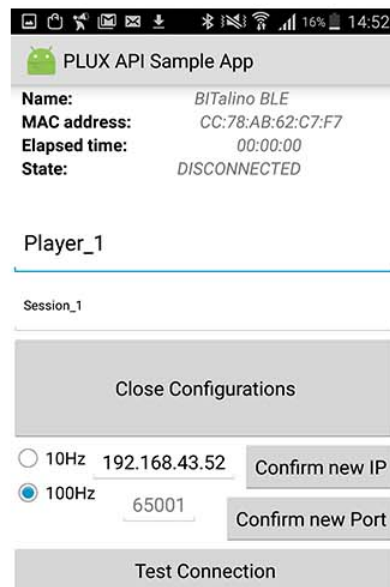
Para o computador de jogo, foi implementado um pequeno servidor, responsável por aguardar a transferência de dados do celular e armazená-los em arquivo. A passagem dos dados foi estabelecida fornecendo ao aplicativo o endereço IP do computador de jogo e o endereço de um Socket para alocar as informações.

A não existência de uma interface pronta e compatível para a coleta das informações dos sensores se converteu em uma vantagem, possibilitando implementar o aplicativo para android de acordo com as necessidades do experimento, como a automação na geração de

(a)



(b)



(c)



(d)

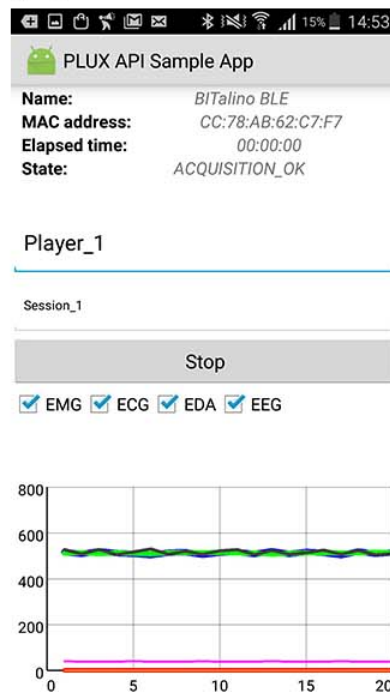


Figura 4.3: Telas implementadas para aplicativo.

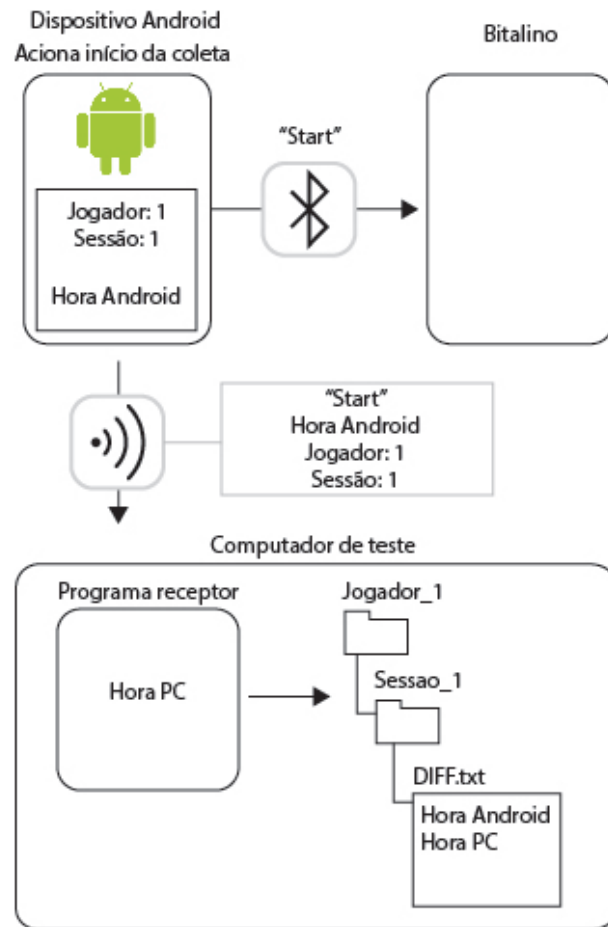


Figura 4.4: Representação do início da aquisição de dados EDA.

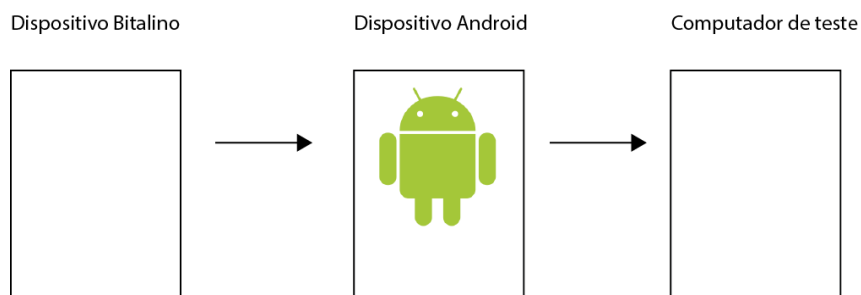


Figura 4.5: Caminho de dados entre o sensor EDA e o armazenamento no computador de teste.

diretórios para organizar a coleta. Outro ganho foi o acesso e disponibilidade dos dados do sensor em tempo real, o que não é fornecido pelo software do fornecedor.

4.1.2 O classificador de emoções

Proposto e implementado por Vieira [25], o software classificador de emoções utiliza como entrada um vídeo contendo registro do rosto do usuário. Os vídeos são organizados internamente como sequências de imagens ordenadas que são apresentadas na tela durante intervalo de tempo pré-definido e substituídas pela imagem seguinte após esse intervalo. As imagens que compõem o vídeo geralmente são referenciadas como quadros. Assim, uma análise de vídeo corresponde à análise de uma sequência de imagens.

O programa desenvolvido possui como dependências as bibliotecas OpenCV e Dlib, que contém algoritmos de processamento de imagem. Em seu funcionamento, o programa implementa o algoritmo de Viola-Jones para detecção de face e uma variação do *Active Appearance Model* para rastreamento de marcas faciais [25]. Além disso, as emoções prototípicas foram detectadas com uma Máquina de Vetores de Suporte (SVM) treinadas com bases de dados existentes [25].

O processamento do vídeo se dá a partir da conversão do quadro para a chamada "escala de cinza", onde informações acerca das cores são ignoradas e apenas valores referentes a luminosidade estão presentes, num intervalo de valores que vai de 0 (que equivale à cor preta) e 255 (cor branca). Valores intermediários são tons de cinza. A imagem resultante é então utilizada para detecção e recorte da região do rosto, reduzindo para essa região a área de processamento das etapas seguintes. Dentro dessa região, é feita a detecção dos elementos do rosto, a dizer, olhos, sobrancelhas, boca, nariz, etc, cujas mudanças da forma e possíveis deslocamentos são os indicadores da expressão facial.

As emoções prototípicas foram detectadas com uma Máquina de Vetores de Suporte (SVM) treinada com bases de dados existentes [25]. Os bancos de dados utilizados para treinamento foram *Extended Cohn-Kanade Dataset* (CK+) e o *10k US Adult Faces Database*. Assim como destacado em [25], os bancos de imagens possuem muito mais fotografias classificadas com rostos apresentando expressão neutra ou expressão de felicidade. Por esse motivo, os resultados possuem tendência a essas duas emoções.

4.2 O jogo de teste

Para fins de teste do modelo proposto, utilizou-se um jogo desenvolvido no âmbito desse trabalho, cujo protótipo inicial foi concebido em evento conhecido por *Global Game Jam*, desenvolvido utilizando a *Game Engine* comercial Unity, um *software* com ferramentas que auxiliam o desenvolvimento de jogos. Os motivos que tornaram esse jogo elegível para o teste foram:

1. simplicidade: o jogo propõe único objetivo ao jogador, além de ser composto por basicamente três objetos;
2. tempo para testes: o tempo limite de cada partida é de três minutos e vinte segundos, sessões curtas são uma vantagem para testes com usuários;
3. domínio e propriedade do código: possibilidade de fazer quaisquer alterações que fossem necessárias ou convenientes para o teste, como modificação de comportamentos de objetos ou geração de relatórios com informações tão específicas quanto necessárias sobre variáveis internas do código fonte.

O jogo desenvolvido, denominado *Cheatlist*, pode ser classificado como um *arcade* (em especial, com mecânica similar ao jogo *PacMan*). A ambientação se dá em uma sala de aula onde os alunos realizam uma prova enquanto o professor as vigia (Figura 4.6). O objetivo do jogador é transferir uma única cola de um aluno para outro dentro do intervalo de tempo disponível, "passando cola", sem que o professor veja.

Nas sessões seguintes serão descritas as principais entidades do jogo e o conjunto de regras que o compõe.



Figura 4.6: Tela principal do jogo para implementação do modelo proposto.

Regras gerais

Como citado anteriormente, o objetivo do jogo é passar uma cola entre os alunos da sala de maneira que o professor não veja. Uma regra adicional foi implementada: apenas 5 alunos podem ser pegos no processo, funcionando tanto como contador de chances (uma vez que o jogo poderia ser encerrado no momento que o primeiro aluno foi pego) quanto limitador adicional em conjunto com o cronômetro. As regras são apresentadas ao jogador conforme exemplificado na Figura 4.7.

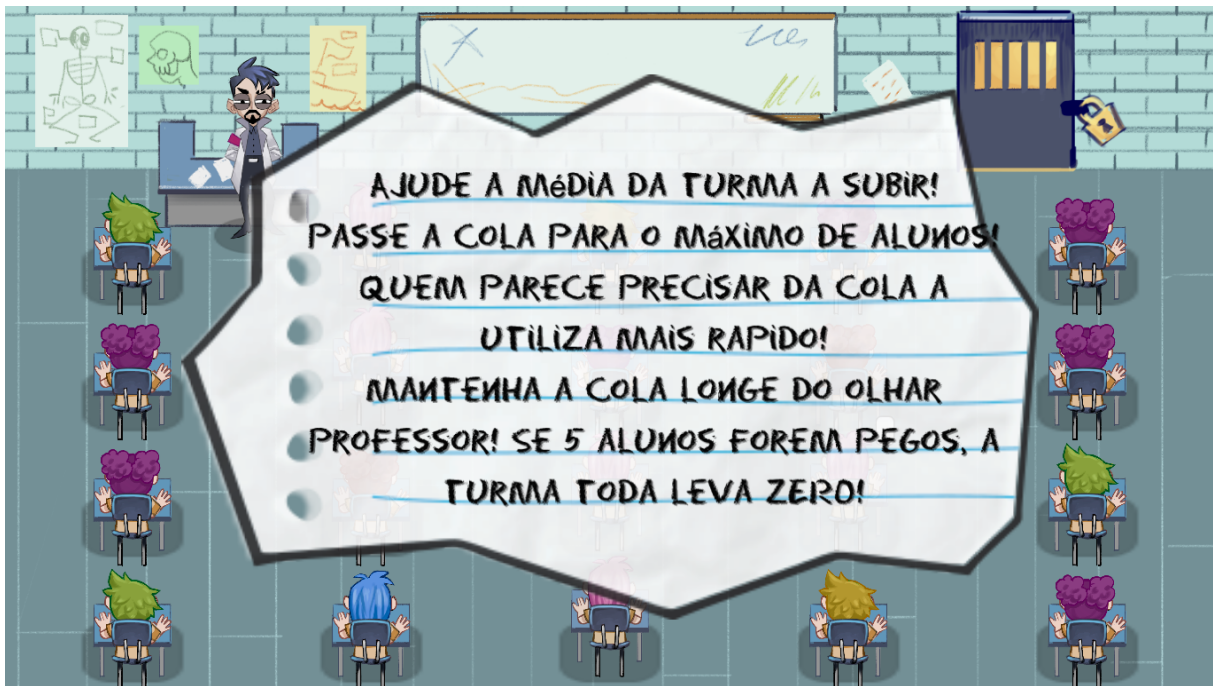


Figura 4.7: Tela de instruções do jogo em estudo.

Cola

O objetivo do jogo é a passagem da cola. O comando de entrada utilizado para movimentação da cola é feito utilizando o mouse. A interação completa necessária para um comando de passagem de cola é uma sequência de clique, arraste, liberação do clique. A passagem pode ser feita de duas maneiras diferentes, dependendo do clique ser no aluno em posse da cola ou em qualquer outro ponto da tela. Caso o clique seja no aluno que possui a cola, enquanto o clique estiver ativo são apresentados elementos gráficos com objetivo de indicar o livre direcionamento do aluno receptor, indicados na Figura 4.8: (i) indicador de força e direção do arremesso, indicando o máximo de força que poderá ser aplicada e em qual direção; (ii) eixo de rotação sobre o qual a direção de arremesso é

rotacionada; (iii) seletor de receptor que, quando em contato com outro aluno, faz surgir uma área retangular de destaque, indicando que a passagem da cola pode ser feita. Denominou-se estilingue o conjunto de elementos que fornecem a funcionalidade do livre direcionamento do aluno receptor.

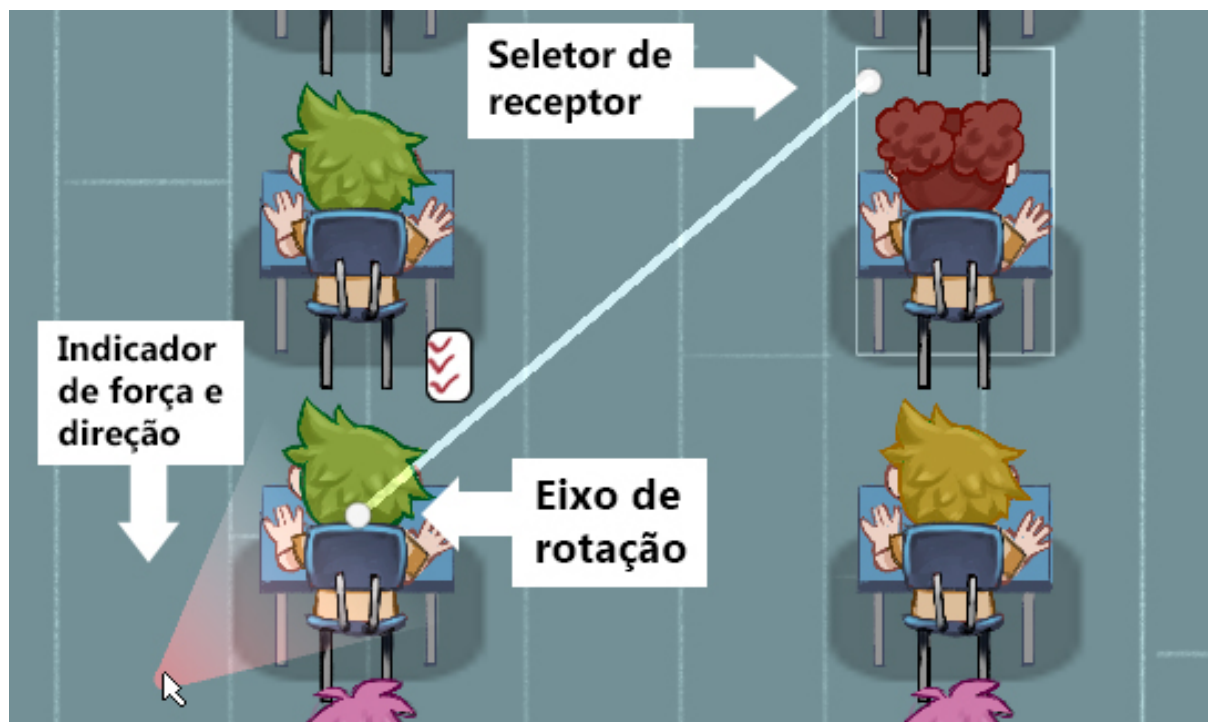


Figura 4.8: Interface gráfica de arremesso livre de cola.

A cola possui dois atributos que referenciam alunos, um para indicar quem enviou e outro para indicar quem irá receber. Quando um aluno passa a cola, uma animação indicando a direção é realizada, como demonstrado na Figura 4.9. Se a cola é detectada pelo professor, essas informações são utilizadas para indicar quem foram os alunos pegos.

Aluno

Os alunos são os elementos responsáveis pela contagem do progresso do jogador. Cada aluno possui um contador próprio que marca o tempo que a cola passou naquela posição. Essa contagem é representada por uma pequena barra de progresso, visível apenas enquanto aquele aluno está em posse da cola, como exemplificado na Figura 4.10. O progresso é apresentado como uma sequência de três marcações. Quando aquele aluno completa o tempo necessário passa a possuir as três marcações na barra de progresso.

Quando um aluno que terminou passa a cola adiante, sua ilustração é modificada para representar uma posição de relaxamento. O acúmulo de tempo da cola com cada aluno é

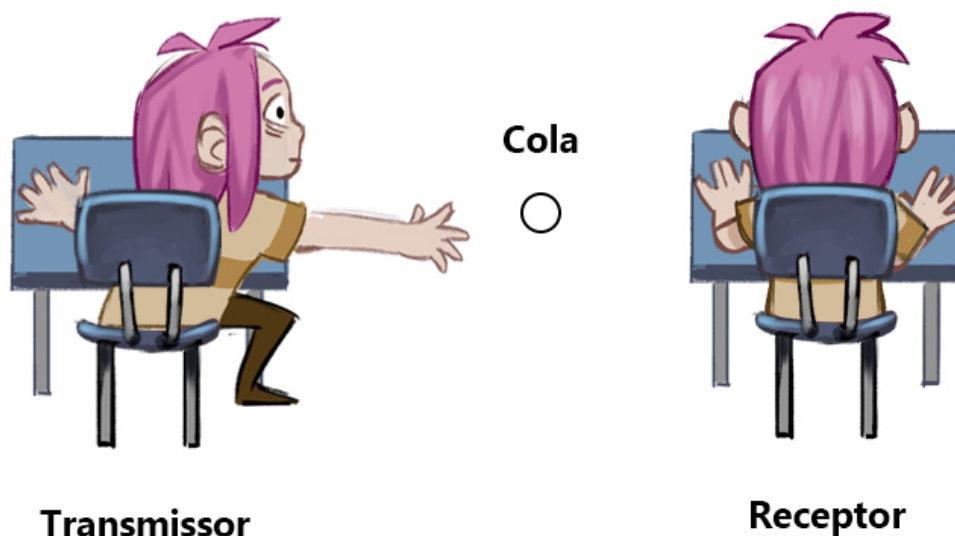


Figura 4.9: Passagem da cola.

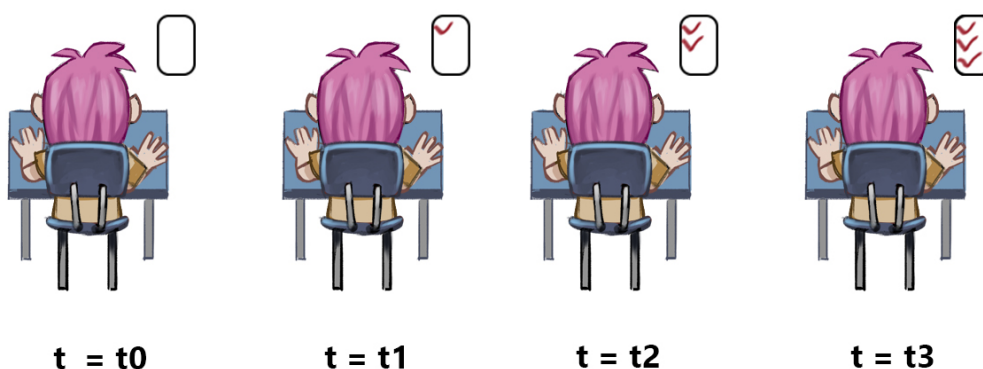


Figura 4.10: Interface gráfica do progresso de tempo da cola na posição de um aluno.

utilizado para computar a média da turma, utilizado como pontuação no jogo. Alunos que terminaram somam 10 à nota total, que será dividida por 20. Alunos que já terminaram podem ainda passar cola para os outros. Apenas aqueles que são pegos colando ficam impossibilitados de passar ou receber cola. Além disso, alunos pegos colando passam a somar zero na média da turma, mesmo que já tivessem terminado. Uma funcionalidade extra foi implementada para os alunos com intuito incluir um bônus para o jogador. Eventualmente, algum aluno entrará num estado de "querer a cola". A representação visual da mudança de estado se dá na troca da imagem estática para uma animação em

que o aluno olha constantemente para os lados. Quando este aluno recebe a cola, uma resposta sonora é executada.

Professor

O objeto cujo comportamento foi o foco do teste com os usuários foi o professor. Essa é a principal entidade geradora do conflito, que oferece o desafio para o jogador. O professor possui comportamentos controlados pelo próprio jogo visando interagir com o jogador, constituindo então uma "inteligência artificial". Aqui, inteligência artificial é entendida no contexto de jogos, entendida em um sentido mais amplo como qualquer objeto que cause a ilusão de inteligência [26]. A representação da máquina de estados que descreve os comportamentos do professor pode ser observada na Figura 4.11.

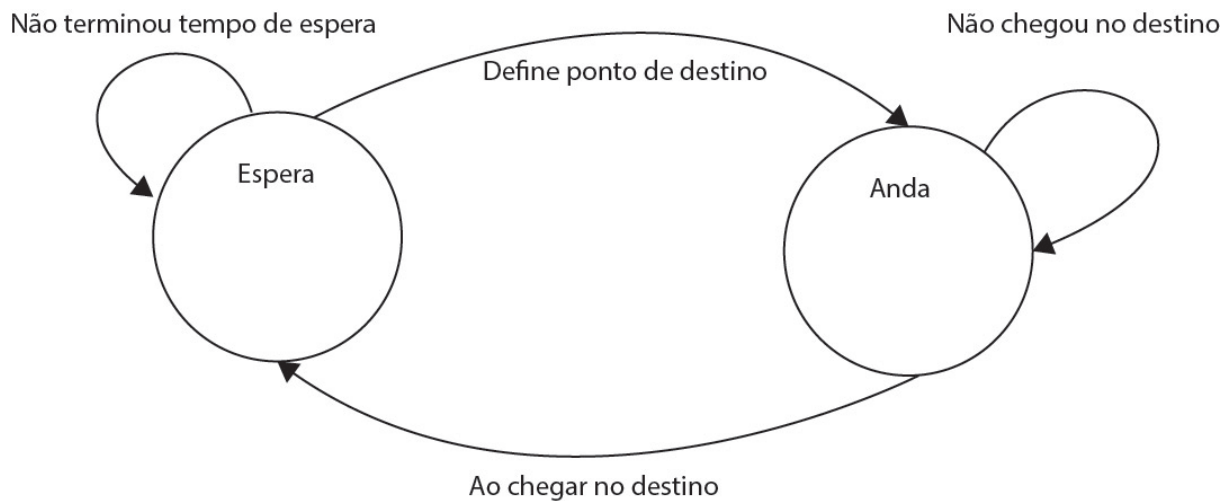


Figura 4.11: Autômato finito determinístico representativo da máquina de estados do professor.

A movimentação do objeto professor se dá nos corredores vazios formados pelas linhas e colunas de cadeiras. Durante o jogo é feita sempre escolha de um ponto de destino que pode estar na mesma coluna ou na mesma linha da posição atual do professor.

Existem duas lógicas de movimentação para essa entidade, diferenciando-se apenas na forma como se escolhe o próximo ponto de destino: movimentação aleatória, escolhendo primeiramente se a movimentação será na mesma linha ou mesma coluna, em seguida, um ponto aleatório de acordo com a decisão anterior; movimentação com perseguição, onde alterna-se uma certa quantidade de movimentações aleatórias consecutivas com outra quantidade de movimentações consecutivas para perto de onde está a cola.

O objeto professor conta com três colisores que identificam a presença e/ou passagem da cola segundo regras específicas. Os colisores podem ser identificados como "colisor

frontal", "colisor horizontal" e "colisor vertical". O colisor frontal implementa o compor-

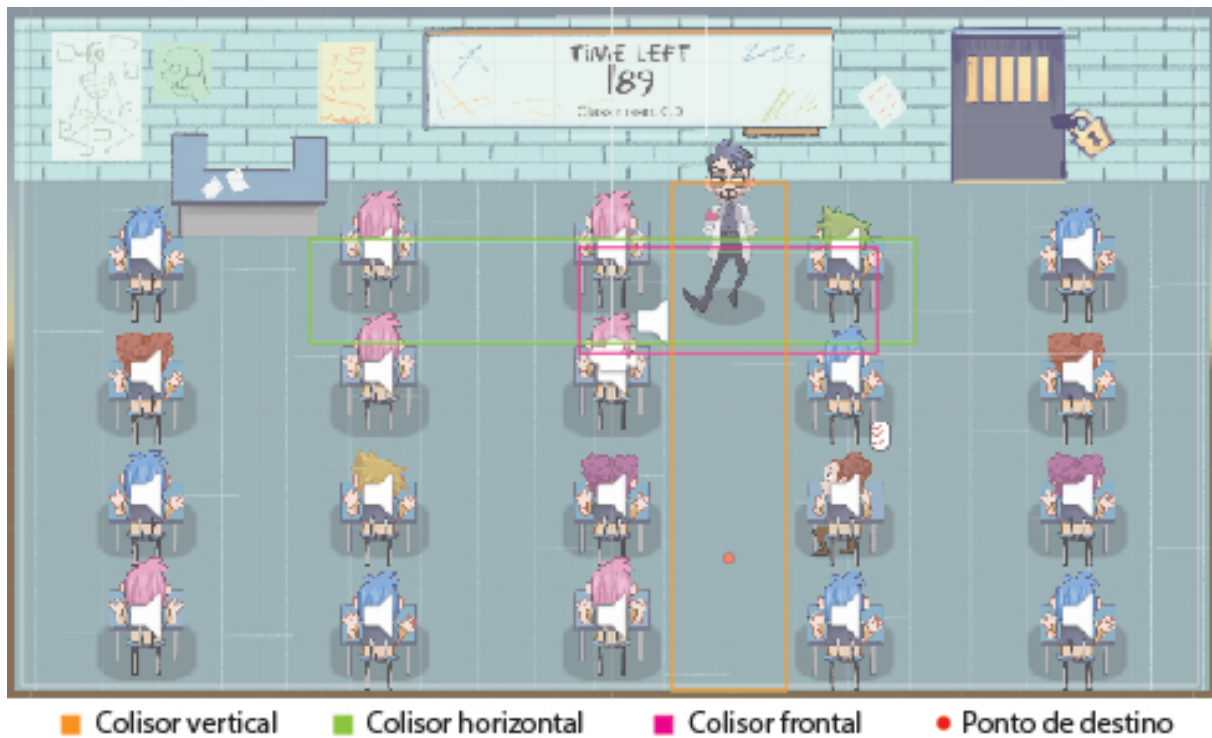


Figura 4.12: Visualização dos colisores do objeto professor.

tamento mais simples. Ao entrar em contato com o colisor do elemento cola, o aluno que a detém é detectado como colando. O colisor vertical detecta colas que entram em contato, porém ignora quando a cola passa por trás do professor (quando a posição no eixo y da cola é maior que a posição no eixo y do professor) ou quando o professor está se movimentando e olhando na horizontal. Por fim, o colisor horizontal ignora a presença da cola, exceto quando esta se movimenta para cima ou na direção horizontal enquanto o professor anda na horizontal. Os colisores horizontal e vertical buscam criar a ilusão do professor estar vendo os alunos passando a cola, enquanto o colisor frontal simula o professor observando a mesa daquele aluno que está colando, ou seja, possui a cola naquele momento.

Capítulo 5

Testes

Como forma de verificar se a abordagem de coleta de dados é capaz de identificar possíveis diferenças na experiência do usuário, o jogo *Cheatlist*, apresentado no capítulo anterior, foi submetido à abordagem proposta, com a finalidade de explorar informações sobre a PX durante sessões de *playtest* em um contexto de avaliação de *game design*.

5.1 Automação do teste

Cada sessão de teste gerou cinco arquivos:

1. dados do jogo (gameData.csv);
2. dados do sensor EDA (EDA.csv);
3. registro do horário no dispositivo Android e do computador de teste (DIFF.txt)
4. gravação em vídeo do rosto do participante (Player.mp4); e
5. hora do momento exato do início do jogo (videotime.txt).

O início da coleta foi feito por comando no dispositivo Android. Nesse momento, foi enviada ao computador de teste a hora marcada no dispositivo. O programa receptor verificou então o horário do próprio sistema, salvando os dois horários - horário do aparelho Android e horário do computador - no arquivo DIFF.txt, no diretório gerado para aquela sessão. Os dados gerados pelo sensor EDA ao serem recebidos pelo dispositivo Android foram associados ao horário registrado no aparelho. Este par de informações foi então enviado para o computador de teste. Com a possibilidade dos horários registrados no computador e no aparelho android serem diferentes, as informações salvas no arquivo DIFF.txt possibilitaram calcular o deslocamento necessário no horário de cada dado recebido, garantindo a sincronização dos dados.

Optou-se por colocar o programa receptor de informações do computador de jogo e as informações coletadas em uma pasta compartilhada via *DropBox*, de maneira que tanto o programa quanto as informações estejam facilmente disponíveis para os envolvidos no estudo.

5.2 Delineamento

O jogo permite dois comportamentos para movimentação do professor. O primeiro comportamento define uma movimentação puramente aleatória entre as fileiras da sala de aula, enquanto o segundo é uma alternância entre a movimentação aleatória e uma busca por aproximação da cola. O comportamento foi então utilizado como variável independente, cujos valores (movimentação aleatória e movimentação com perseguição da cola) refletem duas alternativas de *game design*.

O teste buscou verificar se existe diferença de dificuldade percebida pelos jogadores, portanto mudança na experiência, ao interagir com as duas configurações de comportamento do professor. A hipótese é que a diferença seria percebida e os jogadores teriam mais dificuldade com o comportamento na segunda sessão (perseguição da cola) em relação à primeira, indicada por maior número de alunos pegos assim como maior número de derrotas na segunda sessão.

5.3 Participantes

Participaram do experimento 15 jogadores, sendo 5 do sexo feminino e 10 do sexo masculino. Todos os participantes relataram ser usuários de computadores, assim como possuírem contato frequente com jogos. O sensor Bitalino apresentou comportamento irregular com um dos participantes do sexo masculino, apresentando valor máximo e constante durante toda a coleta. Por esse motivo, os dados referentes a esse participante foram descartados, totalizando 14 jogadores com conjunto de dados válidos.

5.4 Preparação das aplicações de coleta

A ordem de execução dos agentes de coleta foi estabelecida da seguinte maneira: iniciar execução do servidor no computador de testes; iniciar execução do aplicativo no dispositivo *Android*; ligar o dispositivo Bitalino; estabelecer comunicação entre o computador de testes e o aplicativo, fornecendo endereço IP do primeiro para o segundo; verificar sucesso da conexão enviando mensagem de teste; estabelece-se então a comunicação do dispositivo

bitalino com o dispositivo *Android* via comando no aplicativo. Dessa maneira, o ambiente está pronto para iniciar as coletas.

Para cada participante, configurou-se o diretório de saída para os arquivos, constituído por um diretório com número do jogador, contendo três subdiretórios: o primeiro armazena coleta preliminar de um minuto, durante relaxamento do jogador, o segundo e terceiro subdiretórios para cada sessão do jogo.

5.5 Protocolo de teste

Antes da aplicação, as ferramentas do experimento foram testadas. Percebeu-se a necessidade de possibilitar ao pesquisador visualizar os dados do sensor EDA para verificar se estavam sendo coletados de maneira adequada. Para isso, foi implementado um *script* responsável por desenhar gráfico completo da coleta dos dados obtidos do sensor. Foi entregue a cada participante e por estes assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os testes foram conduzidos no laboratório da pós-graduação no prédio CIC/EST, na Universidade de Brasília. Foi entregue aos participantes lenço de papel para que secassem as mãos. O participante sentava-se em frente ao computador de teste, momento em que os eletrodos eram posicionados na eminência hipotenar (lateral da palma oposta ao polegar, conforme a Figura 5.1) da mão direita.

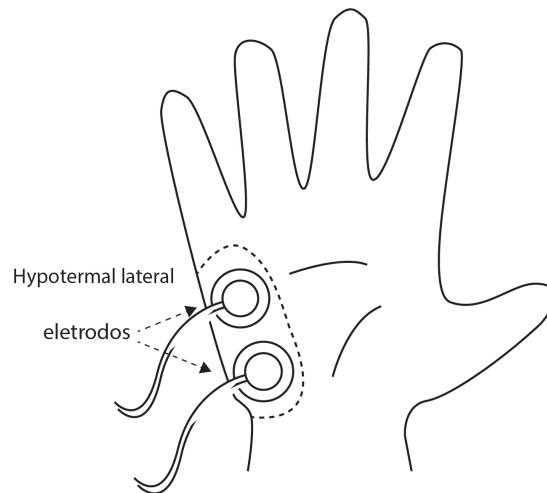


Figura 5.1: Posicionamento dos eletrodos para captura de dados EDA [6] .

Antes de iniciar a primeira sessão de jogo, uma primeira coleta de dados do sensor EDA foi realizada durante 1 minuto, para que diminuísse eventual estado de agitação. Ao final, o gráfico da coleta foi observado e, caso apresentasse uma curva com muitas variações, era realizada uma nova captura de 1 minuto. Os jogadores foram instruídos

sobre comandos principais do jogo (passagem de cola para os lados e por estilingue). A coleta de dados do EDA foi então reiniciada, modificando o diretório de destino para dar início à primeira sessão. Vencendo ou perdendo, a coleta era interrompida e o novo diretório de destino configurado. Modificou-se o comportamento da inteligência artificial, por comando no teclado. Reiniciou-se, a captura de dados do sensor permitindo o início da nova sessão. Ao final, os participantes responderam o questionário de experiência de jogo. Em seguida, era dado um momento para comentários que eles julgassem pertinentes a cerca do design do jogo e da experiência.

5.6 Análise de dados

Anterior à análise, os dados foram tratados com objetivo de sincronizar os registros de cada fonte de acordo com o horário. O primeiro tratamento para os dados EDA foi a aplicação da diferença calculada entre os horários armazenados no arquivo DIFF.txt no *timestamp* de cada registro, sincronizando assim com os dados gerados no computador de teste. Na sequência, tanto dados EDA quanto dados obtidos da análise do vídeo passaram por uma remoção de registros do início e do fim da coleta, orientados pelo horário de início e de fim da sessão, como pode ser observado na Figura 5.2. Dessa forma, os três conjuntos de dados se referem ao mesmo período, definido pelo início e fim da partida.

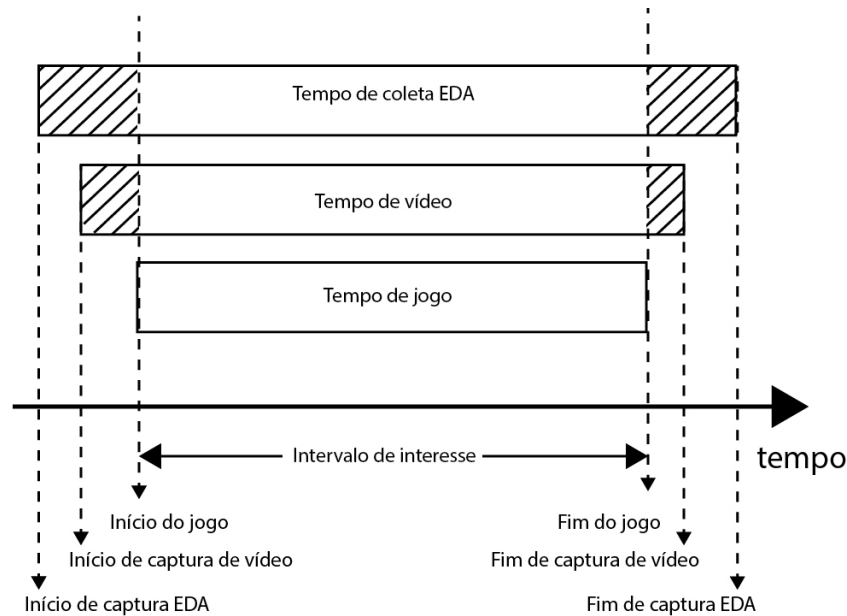


Figura 5.2: Recorte de registros feito nas fontes de dados EDA e análise de vídeo.

5.6.1 EDA

Dentre as etapas de tratamento, está separar no sinal EDA os fatores SCR e SCL, representado na Figura 5.3. Uma vez separados, o SCR passa por nova etapa para identificar índices de pontos mínimos locais (*onsets*, momento em que estão ativadas as glândulas produtoras de sudorese) e pontos máximos locais (*peak*, ou pico de atividade da glândula, onde a atividade produtora de sudorese passa a cessar) nos dados. Dessa forma, pode-se verificar a amplitude da resposta dermal além de se tornar possível recortar momentos de interesse de EDA e comparar com os outros dados. Para o processamento citado anteriormente, foi utilizada a biblioteca NeuroKit [27], contendo funções que permitem tratar o sinal bruto obtido pelo sensor de coleta EDA. Para cada ocorrência de *onset* obtido no SCR, foi definida uma janela de latência de 1,4 segundos, cujo final se dá 1 segundo antes daquele *onset*. Dentro desse intervalo é possível que a ocorrência de um evento possa ser associada àquela resposta do organismo. Tais valores para a criação da janela de tempo foram obtidos em [6].

Os valores de GSR variam de pessoa para pessoa. Por esse motivo, faz-se necessário normalizar os dados para que possam ser comparados entre os participantes [2]. Foram obtidos os valores mínimo e máximo das três leituras de cada participante - leitura de base anterior ao início do jogo, leituras da primeira e segunda sessões de jogo - para realizar a normalização de acordo com a Equação 5.1, dessa forma, interpretando os valores conforme porcentagens relativas ao próprio indivíduo.

$$GSR_{resultante} = (GSR_{amostra} - GSR_{min}) / (GSR_{max} - GSR_{min}) \quad (5.1)$$

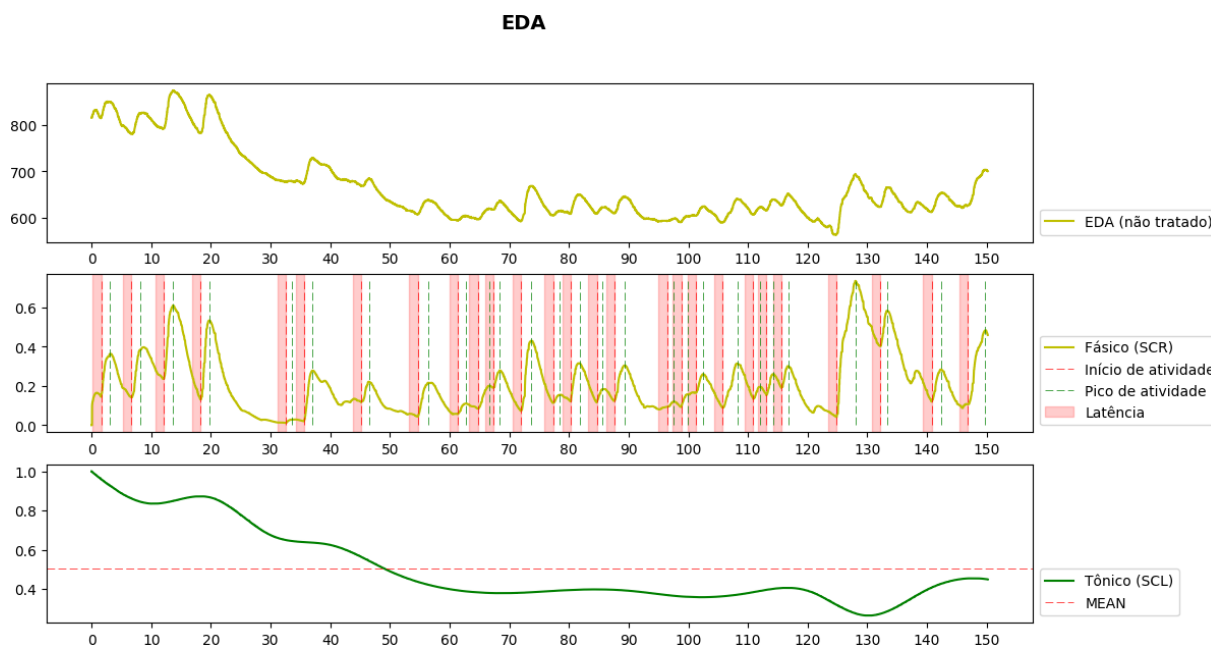


Figura 5.3: Separação de SCR e SCL à partir do EDA coletado em uma sessão.

5.6.2 Dados do classificador de emoções

Os vídeos contendo registro do rosto dos respectivos jogadores foram utilizados como entrada no software classificador de emoções, gerando um arquivo onde cada registro se refere à probabilidade com que a expressão facial detectada foi classificada como cada uma das sete emoções prototípicas.

5.6.3 Dados do jogo

Os dados gerados pelo jogo foram utilizados para definir eventos, como "Aluno pegou", "Aluno terminou de colar" e "Aproximação do professor", este último tendo em vista que o fator relevante às regras estabelecidas pelo jogo não é a posição de um ou outro elemento apenas, mas como um está colocado no espaço em relação ao outro. Tais eventos foram sobrepostos às curvas referentes aos dados de emoção e EDA.

5.6.4 Análise mista

Com três fontes de dados distintas - dados emocionais, dados EDA e dados de jogo - existem 6 maneiras de combinar os dados 2 a 2, conforme apresentado na Figura 5.4. Podem parecer equivalentes, mas a direcionalidade de análise é distinta. Por exemplo, em 2 na Figura 5.4, observa-se como estão os dados do jogo em momentos de interesse do EDA, como cada tempo de latência ou o que ocorreu em cada pico de leitura. Por

outro lado, o caso 5 da Figura 5.4 refere-se a escolher determinado evento do jogo e buscar por alterações no EDA. Apenas em uma situação ideal, em que um evento do jogo gera um pulso bem definido no EDA e uma variação bem definida no analisador de emoções, poderia-se considerar a direcionalidade da análise como equivalente.

		Gerador do momento de interesse		
		Dados EDA	Dados Emoção	Dados Jogo
Dado em análise	Dados EDA		1	2
	Dados Emoção	3		4
	Dados Jogo	5	6	

Figura 5.4: Sobreposições de dados com 3 fontes distintas.

Para o jogo utilizado como objeto de teste, observam-se as seguintes duas características fundamentais. A primeira, é não existir um caminho a percorrer. Com isso, significa que não faz sentido, em um primeiro momento, a simples comparação de caminhos percorridos pelos jogadores. O objetivo do jogo não é chegar a algum lugar, mas obter uma mudança de configuração do espaço. A segunda é não existirem surpresas. Todos os elementos do jogo estão sempre presentes e visíveis para o jogador. Contudo, o jogo muda continuamente a disposição de um elemento, o professor. É essa mudança contínua que induz uma resposta do jogador.

Por conta das características citadas, o principal método de análise para o jogo foram os indicados como 2 e 4 na Figura 5.4, definindo eventos específicos para o jogo e observando os resultados nas demais fontes de dados.

O principal evento escolhido foi o de aproximação entre o professor e a cola, suposto pelos desenvolvedores como principal fonte de tensão para o jogador. Como a aproximação ocorre de forma contínua durante um dado intervalo de tempo, considerou-se então como um estímulo contínuo: não necessariamente o início da movimentação do professor causaria reação no jogador, mas, possivelmente, perceber que tal movimentação foi além do considerado seguro. A Figura 5.5 mostra a relação entre a distância entre o professor e a cola e o intervalo de latência de um dado *onset*. Considerou-se que, para que seja possível relacionar o evento ao aumento no SCR, algum instante da aproximação deve ocorrer dentro do intervalo de latência, representando pela área de cor verde presente na região definida pelas linhas paralelas pontilhadas. Caso essa diminuição da distância ocorra inteiramente antes ou inteiramente depois do intervalo de latência, como demonstrado pela região de cor laranja, considerou-se o evento como não relacionado.

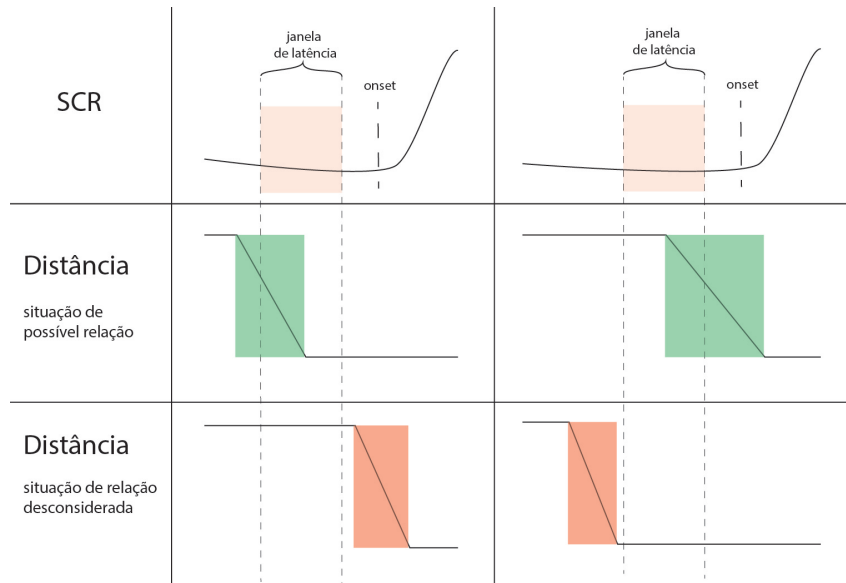


Figura 5.5: Relação entre intervalo de latência e aproximação entre professor e cola.

5.7 Resultados

A sessão de resultados é apresentada levando em consideração as diferentes possibilidades de análise dos dados com relação às fontes: análises de cada fonte de forma individual, verificação dos dados EDA e dados do classificador de expressão facial durante intervalos de tempo de eventos do jogo.

Questionário

O questionário foi aplicado apenas ao final da segunda sessão de cada jogador. Dessa forma, refletindo a experiência dos jogadores na segunda sessão de jogo, momento no qual o comportamento do professor estava configurado para perseguir a cola. Observou-se nos resultados do questionário uma tendência alta para as métricas de Imersão Sensorial e Imaginativa (*Sensory and Imaginative Immersion*) e para Desafio (*Challenge*). Observou-se também um valor baixo para Competência, indicando uma dificuldade que pode ser causada tanto pelo desafio do jogo quanto pela dificuldade de domínio da mecânica proposta. Após responder o questionário, os participantes eram perguntados sobre o que acharam da experiência de forma geral. O relato comum entre todos os jogadores foi o destaque quanto a segunda sessão ter sido mais difícil, em concordância com o resultado obtido nos questionários e com a hipótese do experimento. O resumo dos resultados obtidos pelo questionário pode ser visto na Figura 5.6, onde é apresentada a média dos fatores entre os participantes e os respectivos desvios padrão. Os resultados dos questionários

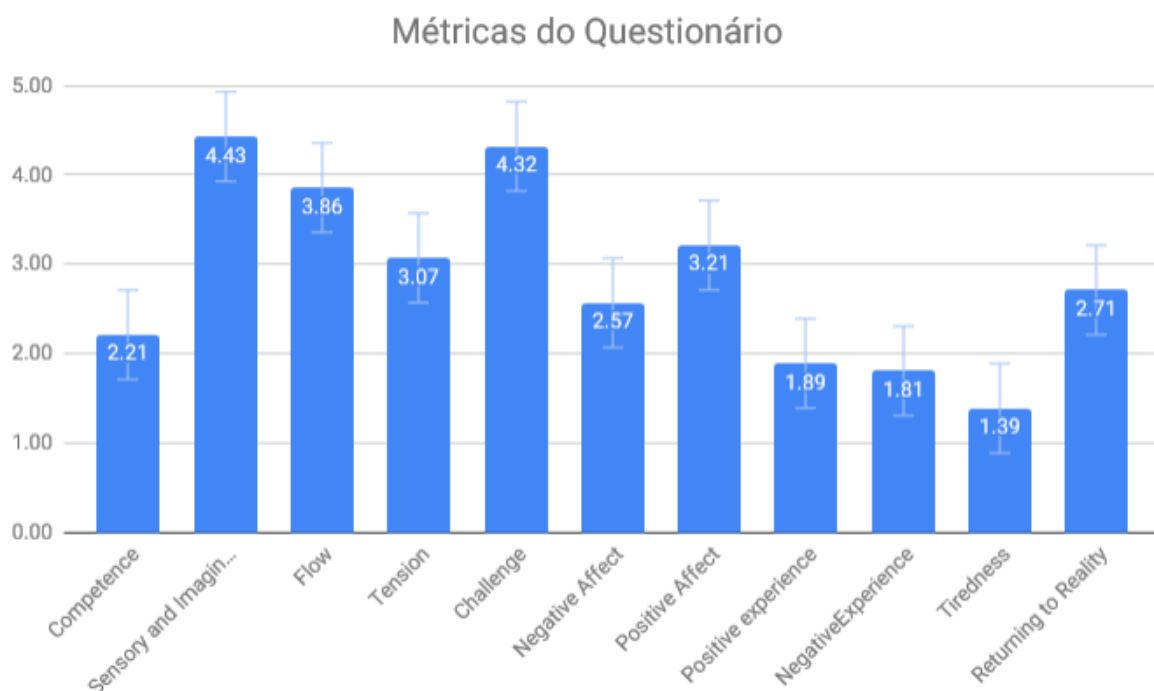


Figura 5.6: Resultados da aplicação do instrumento *Game Evaluation Questionnaire*.

serão comparados com os resultados obtidos pelas demais fontes de dados, nas respectivas sessões que seguem.

Jogo

Dentre os dados do jogo, os que podem ser avaliados de maneira isolada são o resultado final - se conseguiu ou não vencer - e a duração da sessão. O resultado mais comum é que em sessões com vitórias, a duração seja próximo dos 200 segundos. Sessões com derrotas podem ter variações na duração devido aos dois critérios de derrota: acabar o tempo ou ter 5 ou mais alunos pegos colando. Enquanto apenas 4 jogadores perderam na primeira sessão, somente 3 venceram na segunda sessão. Foram calculados os tempos médios de duração das sessões dentre os jogadores que perderam e os resultados apresentados na 5.1. Dentre os 11 que perderam na segunda sessão, o tempo médio de duração da partida foi 113 segundos. Nenhuma das derrotas foi gerada pelo esgotamento do tempo, indicando que o mais provável é que o principal desafio tenha sido o comportamento do professor. O alto índice de derrotas está de acordo tanto com a alta pontuação da métrica Desafio, medida no questionário, quanto com o relato dos participantes - de que a segunda sessão era mais difícil (do que a primeira). Na primeira sessão, 9 jogadores venceram. Entre os 5 que perderam, a duração média da partida foi de 146 segundos. Os dados confirmam,

	Sessão 1	Sessão 2
Tempo de Jogo		
Maior duração	194.5	169.8
Menor duração	96.3	57.8
Tempo médio	146.2	113.3
Desvio padrão	40.11	31.62
Causa da Derrota	Jogadores	
Tempo esgotado	0	0
Alunos pegos	5	11

Tabela 5.1: Resultados das derrotas

como esperado, melhor alinhamento do questionário com os dados da segunda sessão. Além disso, sugerem a diferença de dificuldade, relatada pelos jogadores. Quanto às vitórias, todas ocorreram em partidas com 200 segundos de duração.

EDA

Para a análise isolada do EDA levou-se em consideração a separação nos fatores SCL e SCR. Para o primeiro fator, foi calculado o valor médio do SCL verificado em cada participante durante a segunda sessão. As médias obtidas foram em seguida utilizadas para calcular o SCL médio entre o participantes. Durante a segunda sessão, o SCL médio obtido foi de 40,87 por cento, com desvio padrão de 8,8 por cento e variância 0,78 por cento. Para a primeira sessão, o SCL médio obtido foi de 48,98 por cento, com desvio padrão de 13,8 por cento e variância 1,91 por cento. Dada a relação entre EDA e grau de excitação, uma possível interpretação para o resultado obtido é que durante a segunda sessão, em média, os participantes experimentaram o equivalente a 40,87 por cento de excitação, enquanto na primeira, o valor ficou em torno de 48,98 por cento. Para o fator SCR, foi realizado o cálculo da quantidade de picos identificados, levando em consideração que a duração do jogo é variável. O objetivo dessa análise foi verificar se o comportamento do professor resultaria em maior quantidade de picos no SCR durante a sessão. Para cada amostra, a quantidade de picos presentes foi dividida pela duração da partida, gerando uma taxa de picos por segundo de jogo. Calculou-se então a média dessa quantidade entre os jogadores de cada sessão. A média de picos por segundo de jogo na primeira sessão foi de 0,13 (desvio padrão 0,04), ou 1,3 picos para cada 10 segundos de jogo, enquanto para a segunda sessão a média obtida foi de 0,14 (desvio padrão 0,03), 1,4 picos para cada 10 segundos de jogo. O resumo dos resultados pode ser observado na 5.4. Para o fator SCR, um maior significado pode ser obtido na associação do momento que antecede a ocorrência de um pico no sinal com um evento do jogo, como será relatado na subsessão Jogo versus EDA a seguir.

	Sessão 1			Sessão 2		
Emoção	Média	Desvio padrão	Variância	Média	Desvio padrão	Variância
Neutra	72,52	15,33	2,35	65,72	15,58	2,40
Felicidade	12,47	11,25	1,26	18,71	16,79	2,82
Tristeza	2,63	1,95	0,04	2,84	2,41	0,06
Raiva	3,31	2,62	0,07	3,35	3,22	0,10
Medo	1,15	1,02	0,01	0,76	0,40	0,01
Surpresa	2,46	1,51	0,02	2,41	3,32	0,01
Desgosto	4,81	8,20	0,67	5,55	9,21	0,85

Tabela 5.3: Resultados de análise de dados obtidos pelo classificador de emoções.

	Sessão 1			Sessão 2		
EDA	Média	Desvio padrão	Variância	Média	Desvio padrão	Variância
Tônico	48,98	13,83	1,91	40,87	8,81	0,78
Fásico	1,3	0,4	0,01	1,4	0,3	0,01

Tabela 5.2: Resultados de análise de dados EDA

Emoções

A análise realizada nos dados referentes às emoções foi o cálculo da média geral de cada emoção durante a respectiva sessão. A média obtida foi utilizada para calcular a média geral dentre os participantes na respectiva sessão. Observando que os resultados do classificador possuem tendência a classificar a expressão facial como neutra ou felicidade, em razão do banco de imagens utilizado para treinamento, não foi feita comparação entre os percentuais das emoções obtidas para cada respectivo participante (uma vez que o resultado, por exemplo, classificação média de 80 por cento de felicidade comparado com 10 por cento de medo poderia induzir conclusões equivocadas). Por esse motivo, a comparação realizada é apenas entre as mesmas emoções nas diferentes sessões. O resumo dos resultados pode ser observado na Figura 5.3.

Jogo versus EDA

O evento de interesse do jogo para cruzamento de dados com EDA é a aproximação do professor. Quando esta ocorre dentro de um intervalo de latência de um *onset*, é possível que o evento do jogo esteja associado a resposta do organismo. A Figura 5.7 é apresentado um exemplo de uma das sessões coletadas. As setas na figura destacam quais aproximações são relacionáveis aos intervalos de latência. Para cada sessão, verificou-se quantas vezes essa associação de intervalos ocorreu, dividindo pelo número total de aproximações, obtendo um percentual de associação. Foram então, calculadas as médias

desse percentual para cada sessão, primeira e segunda, separadamente. Observou-se que, na segunda sessão, em média, 33 por cento das vezes em que ocorre a aproximação do professor ocorre dentro de um intervalo de latência de um *onset*. Já na primeira sessão, o valor calculado foi de 21 por cento. Vale ressaltar que a aproximação do professor não é o único evento que possa servir de estímulo no jogo. Mudanças na música, passagem do tempo, observação e tomada de decisão do jogador são todos possíveis estímulos geradores de mudanças no SCR.

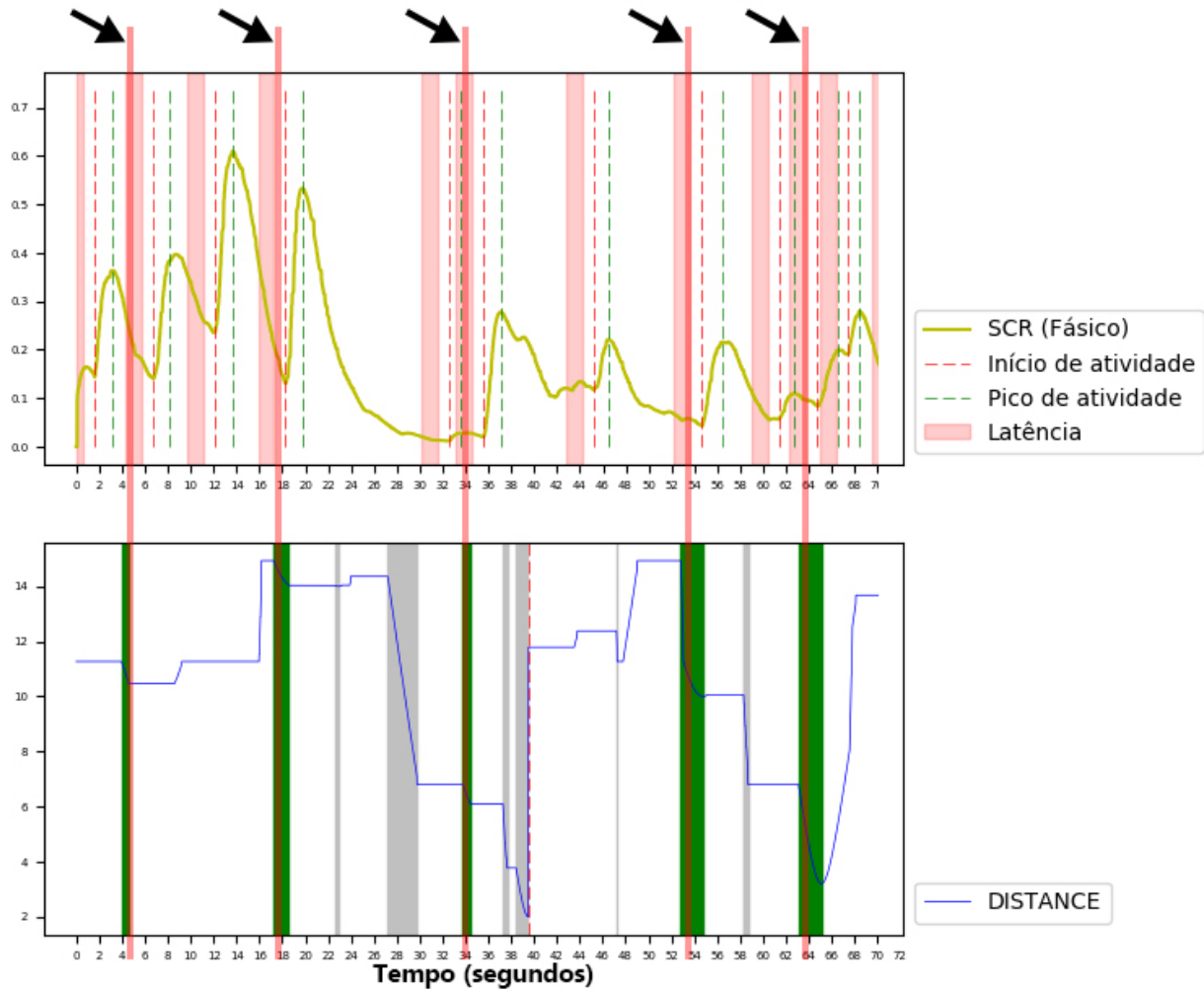


Figura 5.7: Ocorrências de aproximação do professor dentro de um intervalo de latência em fragmento de dados sincronizados.

	Sessão 1			Sessão 2		
EDA	Média	Desvio padrão	Variância	Média	Desvio padrão	Variância
Aproximações relacionáveis a <i>onsets</i>	21,39	12,55	1,58	32,66	8,97	0,81

Tabela 5.4: Resultados de análise de dados EDA

Jogo versus Emoções

Para cruzamento entre dados do jogo e dados do classificador de emoções, a estratégia utilizada foi de verificar se e quanto a média dentro do intervalo de tempo do evento difere da média geral para aquela emoção naquela sessão. Mais especificamente, se durante a aproximação do professor a média da classificação da expressão facial apresenta alguma diferença com relação a média geral da sessão. A Figura 5.8 exemplifica a comparação realizada, mostrando, para uma emoção de um participante em uma sessão, as médias calculadas durante aproximações, representadas por segmentos horizontais em cor verde, e a média geral daquela coleta. Os resultados obtidos podem ser verificados na Tabela 5.5.

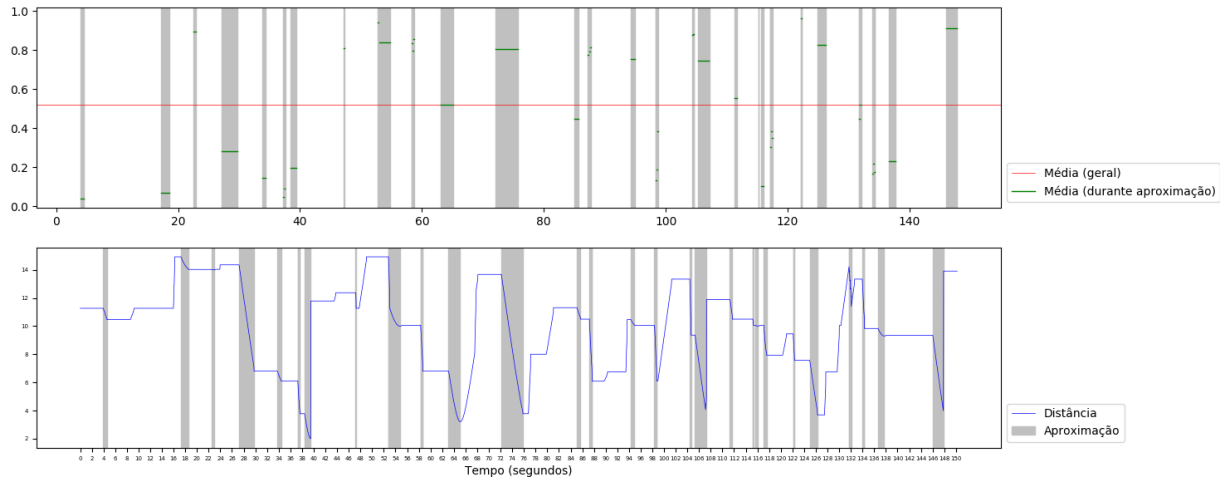


Figura 5.8: Cruzamento de dados referentes a média da emoção nos intervalos de aproximação.

	Sessão 1			Sessão 2		
Emoção	Média	Desvio padrão	Variância	Média	Desvio padrão	Variância
Neutra	73,72	14,12	1,99	66,72	14,88	2,22
Felicidade	12,10	11,06	1,22	17,41	16,54	2,73
Tristeza	2,50	1,83	0,03	3,04	2,30	0,05
Raiva	3,18	2,42	0,06	3,46	3,28	0,11
Medo	0,98	0,74	0,01	0,79	0,40	0,01
Surpresa	2,56	1,77	0,03	2,61	3,37	0,11
Desgosto	4,62	7,74	0,60	5,30	8,22	0,68

Tabela 5.5: Resultados obtidos em cruzamento de dados do evento de aproximação do professor e do classificador de emoções.

Capítulo 6

Conclusão

A área de GUR tem avançado no que se refere ao esforço em pesquisa e aplicação de novas técnicas de análise voltadas para PX. Em especial, explorar novos métodos objetivos e quantitativos para investigar como elementos de design repercutem nas emoções dos jogadores é um caminho promissor.

Nesse contexto, os objetivos desse trabalho foram: (i) a implementação de uma abordagem de pesquisa com usuário de jogos; e (ii) a verificação se tal abordagem é capaz de prover informações que permitam desenvolvedores de jogos avaliar o *game design*, visando uma abordagem com maior automação na avaliação da PX.

O primeiro objetivo foi alcançado com: (i) a comunicação do sensor Bitalino com aparelho *Android* e deste com computador de teste, permitindo acesso aos dados em tempo real, permitindo avaliação de dados biométricos; (ii) a filmagem do rosto do jogador durante sessão de jogo e subsequente análise de expressão facial por intermédio de software classificador de emoções, para obtenção de dados objetivos e quantitativos acerca de emoção; (iii) a implementação e alteração de jogo para fins de obtenção de dados de estado do jogo e teste de hipótese; (iv) a sincronização das fontes de dados citadas. Assim, o presente estudo foi capaz de colaborar com o trabalho de pesquisa em *Game Analytics* do Laboratório LAICO do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília, gerando artefatos que poderão servir de base para novos estudos na área.

O segundo objetivo foi alcançado com a implementação de diferença no comportamento de objeto do jogo, elemento componente do *game design* capaz de afetar a PX, como observado pela análise da métrica de tempo de jogo. Além disso, foi possível verificar possibilidades de análise dos dados obtidos por diferentes fontes, observando que cada fonte possibilita estudo em isolado ou combinado podendo gerar diferentes informações.

Captura e sincronização de várias fontes contínuas de dados é uma técnica promissora de avaliação de PX, contudo analisar emoções e experiência do usuário utilizando apenas dados quantitativos e objetivos segue sendo um desafio.

6.1 Trabalhos Futuros

O modelo proposto é composto por três fontes distintas, cujos métodos de análise podem ser desenvolvidos de forma independente. Uma melhoria com relação ao classificador de emoções, por exemplo, seria a produção de bancos de imagens mais robustos, permitindo que a classificação das expressões faciais seja menos sensível ao viés de determinada emoção. Além disso, verificação de quanto a qualidade do vídeo impacta no resultado da classificação pode permitir que vídeos de menor qualidade sejam utilizados, otimizando o tempo de processamento. Combinando técnicas de classificação de expressão facial por meio de registro em vídeo poderia trazer melhoras significativas a outros modelos como *Biometric Storyboard*.

Referências

- [1] El-Nasr, Magy Seif: *Game Analytics - Maximizing the value of player data*, volume 1993. El-Nasr, Magy Seif, 1986. vi, 1, 3, 6, 12, 18, 47
- [2] Mandryk, Regan L., M. Stella. Atkins e Kori M. Inkpen: *A continuous and objective evaluation of emotional experience with interactive play environments*. 2006. ix, 1, 6, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 35
- [3] Mathias Benedek, Christian Kaernbach: *A continuous measure of phasic electrodermal activity*. 2010. ix, 9
- [4] Mathias Benedek, Christian Kaernbach: *Decomposition of skin conductance data by means of nonnegative deconvolution*. 2010. ix, 10, 15
- [5] *Storyboarding for games user research*. https://www.gamasutra.com/view/feature/186514/storyboarding_for_games_user_.php?print=1. Último acesso: 24-08-2018. ix, 16
- [6] Boucsein, Wolfran: *Eletrodermal Activity*, volume 1993. ix, xi, 8, 9, 10, 33, 35
- [7] Don Norman, Jakob Nilsen: *Definition of user experience (ux)*. <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>. 1, 4
- [8] Drachen, Anders: *Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in first-person shooter games*. 2010. 1, 6, 15
- [9] Graham McAllister, Pejman Mirza Babaei e Jason Avent. [1]. Capítulo 27. 1, 6, 15, 16
- [10] <https://www.polygon.com/2018/1/10/16873446/steam-release-dates-2017>. Último acesso: 18-06-2018. 3
- [11] Fritz Strack, Roland Deutsch: *Reflective and impulsive determinants of social behavior*. 2004. 4
- [12] Ekman, Paul: *Facial expression and emotion*. 1992. 4, 10
- [13] IJsselsteijn, W. A., de Kort Y. A. W. Poels K.: *The game experience questionnaire.*, 2013. 7
- [14] John T. Cacioppo, Louis G. Tassinary, Gary G. Berntson: *Handbook of Psychophysiology*. Cambridge University Press, 2007. 7

- [15] 7
- [16] Jason J Braithwaite, Derrick G Watson, Robert Jones Mickey Rowe: *A guide for analysing electrodermal activity (eda) skin conductance responses (scrs) for psychological experiments*, 2015. Revised version: 2.0. 8, 9
- [17] Jeff T. Larsen, Catherine J. Norris, John T. Cacioppo: *Effects of positive and negative affect on electromyographic activity over zygomaticus major and corrugator supercilii*. 2003. 11
- [18] Ulf Dimberg, Monika Thumberg, Kurt Elmehed: *Unconscious facial reactions to emotional facial expressions*. 2000. 11
- [19] Serena-Lynn Brown, Gary E.Schwartz: *Relationships between facial electromyography and subjective experience during affective imagery*. 1980. 11
- [20] <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/analytics>. Último acesso: 01-06-2018. 12
- [21] Davenport, T. H., Harris J. G.: *Competing on analytics: The new science of winning*, 2007. 12
- [22] Hullett, Kenneth, Nachiappan Nagappan, Eric Schuh e John Hopson: *Data analytics for game development (nier track)*. 2011. 12
- [23] Antti Koskenvoima, Matti Mäntymäki: *Why do small and medium-size freemium game developers use game analytics?* 2015. 12, 13
- [24] *Revolution eda sensor datasheet*. <http://www.bitalino.com>. 20
- [25] Vieira, Luiz Carlos: *Assessment of Fun from the Analysis of Facial Images*. Tese de Doutorado, 2017. 24
- [26] David Bourg, Glenn Seemann: *AI for Game Developers - Creating Intelligent Behavior in Games*. O'Reilly Media, 2014. 29
- [27] *Neurokit*. <https://neurokit.readthedocs.io/en/latest/>. 35

Apêndice A

Tradução livre do instrumento *Game Experience Questionnaire*

Avaliação de Experiência de Jogo

Por favor, indique como você se sentiu enquanto jogava para cada um dos itens, na escala indicada:

* Required

1.

Eu me senti contente. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

2.

Eu me senti habilidoso. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

3.

Me interessei pela história do jogo. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

4.

Achei divertido. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

10.

Me senti competente. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

11.

Achei difícil (além da minha habilidade). *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

12.

Estava esteticamente agradável. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

13.

Enquanto jogava, eu esqueci de tudo à minha volta. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

14.

Me senti bem. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

20.

Me senti vitorioso. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

21.

Achei perda de tempo. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

22.

Me senti energizado. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

23.

Me senti satisfeito. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

24.

Me senti desorientado. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

Me senti exausto. *

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

Senti que poderia ter feito coisas mais úteis. *

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

Me senti poderoso. *

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

Me senti cansado. *

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

Me senti arrependido. *

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

30.

Me senti envergonhado. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

31.

Me senti orgulhoso. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

32.

Senti como se tivesse retornado de uma aventura. *

(1) Não | (2) Pouco | (3) Moderadamente | (4) Bastante | (5) Extremamente
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente

Powered by



Anexo I

Game Experience Questionnaire

The Game Experience Questionnaire

IJsselsteijn, W.A.; de Kort, Y.A.W.; Poels, K.

Published: 01/01/2013

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the author's version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

IJsselsteijn, W. A., de Kort, Y. A. W., & Poels, K. (2013). The Game Experience Questionnaire. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

GAME EXPERIENCE QUESTIONNAIRE

IJsselsteijn, W.A., de Kort, Y.A.W. & Poels, K.

Table of Contents

1.	Introduction.....	3
2.	Game Experience Questionnaire – Core Module.....	4
3.	In-game GEQ	6
4.	GEQ - Social Presence Module.....	7
5.	GEQ – post-game module.....	8
6.	Scoring guidelines	9
	Scoring guidelines GEQ Core Module	9
	Scoring guidelines GEQ In-Game version	9
	Scoring guidelines GEQ Social Presence Module	9
	Scoring guidelines GEQ Post-game Module.....	9

1. Introduction

This document contains the English version of the Game Experience Questionnaire. The development and testing of the Game Experience Questionnaire is described in project Deliverable 3.3.

The Game Experience Questionnaire has a modular structure and consists of :

1. The core questionnaire
2. The Social Presence Module
3. The Post-game module.

In addition to these modules, a concise in-game version of the GEQ was developed.

All three modules are meant to be administered immediately after the game-session has finished, in the order given above. Part one and two probe the players' feelings and thoughts while playing the game; Part 3, the post-game module, assesses how players felt after they had stopped playing.

Part 1 is the core part of the GEQ. It assesses game experience as scores on seven components: Immersion, Flow, Competence, Positive and Negative Affect, Tension, and Challenge. For a robust measure, we need five items per component. As translation of questionnaire items, no matter how carefully performed, sometimes results in suboptimal scoring patterns, we have added a spare item to all components. After the first use of the translated GEQs, scale analyses will be performed to check whether any item should be discarded or replaced.

Part 2, the social presence module, investigates psychological and behavioural involvement of the player with other social entities, be they virtual (i.e., in-game characters), mediated (e.g., others playing online), or co-located. This module should only be administered when at least one of these types of co-players were involved in the game.

Part 3, the post-game module, assesses how players felt after they had stopped playing. This is a relevant module for assessing naturalistic gaming (i.e., when gamers have voluntarily decided to play), but may also be relevant in experimental research.

The In-game version of the GEQ is a concise version of the core questionnaire. It has an identical component structure and consists of items selected from this module. The in-game questionnaire is developed for assessing game experience at multiple intervals during a game session, or play-back session. This should facilitate the validation of continuous and real-time indicators some of the partners in the FUGA project are developing.

2. Game Experience Questionnaire – Core Module

Please indicate how you felt while playing the game for each of the items,
on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

- 1 I felt content
- 2 I felt skilful
- 3 I was interested in the game's story
- 4 I thought it was fun
- 5 I was fully occupied with the game
- 6 I felt happy
- 7 It gave me a bad mood
- 8 I thought about other things
- 9 I found it tiresome
- 10 I felt competent
- 11 I thought it was hard
- 12 It was aesthetically pleasing
- 13 I forgot everything around me
- 14 I felt good
- 15 I was good at it
- 16 I felt bored
- 17 I felt successful
- 18 I felt imaginative
- 19 I felt that I could explore things
- 20 I enjoyed it
- 21 I was fast at reaching the game's targets
- 22 I felt annoyed
- 23 I felt pressured
- 24 I felt irritable
- 25 I lost track of time
- 26 I felt challenged
- 27 I found it impressive
- 28 I was deeply concentrated in the game
- 29 I felt frustrated
- 30 It felt like a rich experience
- 31 I lost connection with the outside world
- 32 I felt time pressure

33 I had to put a lot of effort into it

3. In-game GEQ

Please indicate how you felt while playing the game for each of the items,
on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

1	I was interested in the game's story	GEQ Core – 3
2	I felt successful	GEQ Core – 17
3	I felt bored	GEQ Core – 16
4	I found it impressive	GEQ Core – 27
5	I forgot everything around me	GEQ Core – 13
6	I felt frustrated	GEQ Core – 29
7	I found it tiresome	GEQ Core – 9
8	I felt irritable	GEQ Core – 24
9	I felt skilful	GEQ Core – 2
10	I felt completely absorbed	GEQ Core – 5
11	I felt content	GEQ Core – 1
12	I felt challenged	GEQ Core – 26
13	I had to put a lot of effort into it	GEQ Core – 33
14	I felt good	GEQ Core – 14

4. GEQ - Social Presence Module

Please indicate how you felt while playing the game for each of the items,
on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

- 1 I empathized with the other(s)
- 2 My actions depended on the other(s) actions
- 3 The other's actions were dependent on my actions
- 4 I felt connected to the other(s)
- 5 The other(s) paid close attention to me
- 6 I paid close attention to the other(s)
- 7 I felt jealous about the other(s)
- 8 I found it enjoyable to be with the other(s)
- 9 When I was happy, the other(s) was(were) happy
- 10 When the other(s) was(were) happy, I was happy
- 11 I influenced the mood of the other(s)
- 12 I was influenced by the other(s) moods
- 13 I admired the other(s)
- 14 What the other(s) did affected what I did
- 15 What I did affected what the other(s) did
- 16 I felt revengeful
- 17 I felt schadenfreude (malicious delight)

5. GEQ – post-game module

Please indicate how you felt after you finished playing the game for each of the items, on the following scale:

not at all	slightly	moderately	fairly	Extremely
0	1	2	3	4
< >	< >	< >	< >	< >

- 1 I felt revived
- 2 I felt bad
- 3 I found it hard to get back to reality
- 4 I felt guilty
- 5 It felt like a victory
- 6 I found it a waste of time
- 7 I felt energised
- 8 I felt satisfied
- 9 I felt disoriented
- 10 I felt exhausted
- 11 I felt that I could have done more useful things
- 12 I felt powerful
- 13 I felt weary
- 14 I felt regret
- 15 I felt ashamed
- 16 I felt proud
- 17 I had a sense that I had returned from a journey

6. Scoring guidelines

Scoring guidelines GEQ Core Module

The Core GEQ Module consists of seven components; the items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Competence: Items 2, 10, 15, 17, and 21.

Sensory and Imaginative Immersion: Items 3, 12, 18, 19, 27, and 30.

Flow: Items 5, 13, 25, 28, and 31.

Tension/Annoyance: Items 22, 24, and 29.

Challenge: Items 11, 23, 26, 32, and 33.

Negative affect: Items 7, 8, 9, and 16.

Positive affect: Items 1, 4, 6, 14, and 20.

Scoring guidelines GEQ In-Game version

The In-game Module consists of seven components, identical to the core Module. However, only two items are used for every component. The items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Competence: Items 2 and 9.

Sensory and Imaginative Immersion: Items 1 and 4.

Flow: Items 5 and 10.

Tension: Items 6 and 8.

Challenge: Items 12 and 13.

Negative affect: Items 3 and 7.

Positive affect: Items 11 and 14.

Scoring guidelines GEQ Social Presence Module

The Social Presence Module consists of three components; the items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Psychological Involvement – Empathy: Items 1, 4, 8, 9, 10, and 13.

Psychological Involvement – Negative Feelings: Items 7, 11, 12, 16, and 17.

Behavioural Involvement: Items 2, 3, 5, 6, 14, and 15.

Scoring guidelines GEQ Post-game Module

The post-game Module consists of four components; the items for each are listed below.

Component scores are computed as the average value of its items.

Positive Experience: Items 1, 5, 7, 8, 12, 16.

Negative experience: Items 2, 4, 6, 11, 14, 15.

Tiredness: Items 10, 13.

Returning to Reality: Items 3, 9, and 17.